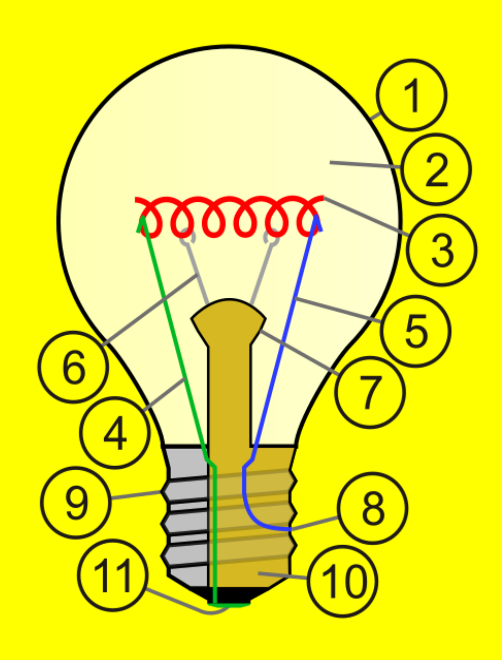
التمديدات الكهربائية للأبنية والمنشآت

Electrical Installation For Buildings

الدكتور محمد توفيق لازم الزهيري

أستاذ الهندسة الكهربائية والألكترونية في جامعة فيلادلفيا

1. البصيلة
2. غاز خامل
3. فتيلة التنكستون
4. سلك حامل (يتصل بالقدم)
5. سلك حامل (يتصل بالقاعدة)
6. مساند فتيلة (المولبيديوم)
7. حامل زجاجي
8. سلك التوصيل للقاعدة
9. لولب
10. عازل
11. نقطة تلامس



الطبعة الثانية

2nd Edition

نشر بدعم من جامعة فيلادلفيا - الأردن

المؤلف في سطور

الأستاذ الدكتور محمد توفيق لازم الزهيري



حاصل على شهادتي البكلوريوس والماجستير في الهندسة الكهربائية من كلية الهندسة / جامعة بغداد سنة 1967 و1975 على التوالي وشهادة الدكتوراه من جامعة برادفورد في بريطانيا سنة 1981. عمل مهندسا للمشاريع العسكرية في وزارة الدفاع العراقية للفترة من 1967 ولغاية 1976 صمم ونفذ خلالها مشاريع هندسية كبرى ثم عين تدريسيا في قسم الهندسة الكهربائية والالكترونية في الكلية الهندسية العسكرية العراقية عام 1976 حيث شغل منصب رئيس قسم الهندسة الكهربائية والألكترونية في الكلية المذكورة للفترة من 1986 ولغاية 1991 انتقل بعدها الى كلية المنصور الجامعة حيث شغل منصب رئيس قسم علوم الحاسبات1991 – 1994.

أسس مكتب هيا استشاريون في بغداد - قطاع خاص – حيث عمل في مجال النفط والغاز ومحطات التوليد الكهربائية مع وزارا ت النفط والكهرباء والصناعة في العراق والجماهيرية الليبية للفترة من 1994 ولغاية 1999 ثم عين بعد ذلك تدريسيا ورئيسا لقسم الهندسة الالكترونية والإتصالات في جامعة النهرين - العراق للفترة من 2000 ولغاية 2007 عمل خلالها ايضا استشاريا لعدة محطات لتوليد الكهرباء في العراق واستشاريا لمصافي النفط وكذلك استشاريا للمنشأة العامة للمشاريع الصناعية وهيئة الكهرباء / مركز السيطرة الوطنية وشركة ابن رشد العامة لمشاريع المياه والشركة العامة للمنظومات الألكترونية حيث صمم وأشرف على تنفيذ العديد من المشاريع الهندسية الإستراتيجية . كذلك ساهم بتأسيس المجموعة الهندسية الاستشارية وفروعها الثلاثة في بغداد وعمان ودبي 2004 – 2009. وعمل أيضا محاضراً خارجياً في جامعة بغداد والجامعة التكنولوجية للفترة من 1983 ولغاية 2000 . له أكثر من 60 بحثا وتقرير بحث ومساهمات علمية في مؤتمرات دولية في مجال الهندسة الكهربائية والألكترونية منشورة في اميركا وبريطانيا والهند وكوريا وكندا وتونس والاردن والعراق والمانيا . حاصل على عدة براءآت اختراع مسجلة في دائرة المخترعات البريطانية في لندن وفي ميونخ وطوكيو وبغداد. أشرف على 32 رسالة ماجستير واطروحة دكتوراه . يعمل في الوقت الحاضر أستاذاَ في قسم الهندسة الكهربائية / كلية الهندسة / جامعة فيلادلفيا – الأردن .

كتب أخرى مؤلفة ومترجمة للمؤلف :

1. منظومات القدرة الكهربائية – الجزء الأول / رقم الايداع في المكتبة الوطنية ببغداد 143 لسنة 1987
2. منظومات القدرة الكهربائية – الجزء الثاني / رقم الايداع في المكتبة الوطنية ببغداد 144 لسنة 1987
3. التحليلات المصفوفية للمكائن الكهــربائية / رقم الايداع في المكتبة الوطنية ببغداد 556 لسنة 1988
4. منظومات التأريض لحمايـة الأشخاص والمعدات / جامعة النهرين – بغداد 2001
5. المحطات الكهربائية الثانوية – التشغيل والصيانة / المطابع العسكرية العراقية -1971
6. التمديدات الكهربائية للأبنية والمنشآت – الطبعة الأولى – 2012 – عمان الأردن

للإتصال بالمؤلف -- الإيميل : drmohamadtofik@yahoo.com

التمديدات الكهربائية للأبنية والمنشآت

Electrical Installation for Buildings

الأستاذ الدكتور محمد توفيق لازم الزهيري

أستاذ الهندسة الكهربائية والألكترونية في جامعة فيلادلفيا – الأردن

Dr.Mohammed Tawfeeq Lazim Alzuhairi

Professor of Electrical and Electronics Engineering

Philadelphia University - Jordan



نشر الكتاب بدعم من جامعة فيلادلفيا – الأردن

المملكة الأردنية الهاشمـــية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(٢٠١٦/٣/١٠٢٢)

نسخة / مركز الإيداع ٦٢١,٣١٩٢

الزهيري، محمد توفيق
التمديدات الكهربائيـة للابنيـة والمنشـآت / محمـد توفيـق الزهيـري .- عمان:جامعة فيلادلفيا، ٢٠١٦

( ) ص .
ر. إ. : ٢٠١٦/٣/١٠٢٢.
الواصفات : /الهندسة الكهربانية//المباني/

يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبّر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية أو أي جهة حكومية أخرى.



Tel. : +962 6 488 99 83 +962 6 488 99 86
Fax : +962 6 488 99 13
E-mail: info@neworganizers-jo.com

بسم الله الرحمن الرحيم

[سُبْحَانَكَ لا عِلْمَ لَنَا إِلا مَا عَلَّمْتَنَا إِنَّكَ أَنْتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ]

المحتويات

الفصل الأول
التمديدات الكهربائية – الطرق والأساليب

الفصل الثاني
الكيبلات (القابلوات) والأسلاك الكهربائية

الفصل الثالث
المصابيح الكهربائية والإنارة

الفصل الرابع
الإنارة الخارجية و إنارة الشوارع

الفصل الخامس
مآخذ القدرة الكهربائية

الفصل السادس
وسائل الحماية
المصاهر وقواطع الدائرة الكهربائية

الفصل السابع
اختيار وسائل الحماية
للتمديدات الكهربائية وتصاميم لوحات التوزيع

الفصل الثامن
منظومات التأريض

الفصل التاسع
المحطات الثانوية للأبنية

الفصل العاشر
منظومات منع الصواعق

الفصل الحادي عشر
منظومات الإنذار المبكر
والإطفاء التلقائي للحريق

الفصل الثاني عشر
منظومات الاتصالات والمنظومات الخدمية الأخرى
في الأبنية الحديثة

ألملاحق والمراجع

مقدمة الطبعة الأولى

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله الذي وهب للإنسان نعمة العقل ، وخصه على سائر مخلوقاته بالعلم والعمل ، وفضل أهل العلم ورفعهم درجات وبعد ؛ فإن المكتبة العربية ما تزال فقيرة في كثير من العلوم الحديثة ، خاصة ما تضمنه هذا الكتاب من مادة ضخمة ومهمة تخص العاملين في مجال التمديدات الكهربائية من فنيين ومهندسين وطلبة جامعيين.

لقد تبلورت فكرة تأليف هذا الكتاب من قبل المؤلف لما امتلكه من خبرة أكاديمية وعملية في هذا المجال، وكذلك لما لقيه من تشجيع كبير من قبل زملائه الأساتذة في الجامعة والمهندسين في المكاتب الاستشارية. ولم يكن في الميدان من الكتب العربية ما يمكن أن يتقدم على هذا الكتاب بحيث يغني عن النهوض بهذا العبء الجسيم.

وسيجد القارئ فيه مادة علمية غزيرة، ومواضيع جديدة ، وارتباطا بين مواد فصوله ، وتآلفا في محتوياته. كذلك سيجد ما يفيده في حياته العملية من إعداد للتصاميم الهندسية في مجال التمديدات الكهربائية الخاصة بالأبنية وأساليب تخطيطها وإظهارها وإجراء حساباتها وترتيبها . لقد كانت صياغة المادة العلمية لهذا الكتاب بحيث يقرب المصطلحات الأجنبية إلى لغة الضاد أمر شاق جدا ؛ خاصة في اختيار الكلمات المناسبة والبسيطة لكي يستطيع القارئ العربي فهمها بسهولة. وقد روعي أيضا أن تعطى المصطلحات المهمة باللغتين العربية والإنجليزية ليسهل على القارئ الكريم فهمها وإدراكها بسهولة .

يتألف هذا الكتاب من اثني عشر فصلا وضعت لملائمة حاجة المهندسين والفنين الكهربائيين الذين يعملون في مجال تصميم وتنفيذ المشاريع الكهربائية الخاصة بالأبنية وكذلك الطلبة الذين يدرسون التمديدات الكهربائية في الجامعات والكليات والمعاهد الفنية. و بالنظر لوجود اختلاف كبير في محتويات مفردات المناهج الدراسية في المعاهد المختلفة وأساليب التصاميم الهندسية في المكاتب الاستشارية فإنه يمكن القول أن هذا الكتاب يعد دليلا عاما يتناول الموضوع بمستويات علمية وعملية مختلفة. فالنص مثلا مصمم ليكون مفهوما من قبل الطالب والمهندس حديث التخرج والمهندس ذي الخبرة وكذلك الفني الذي يقوم بتنفيذ العمل.

لقد زود كل فصل من هذا الكتاب بمقدمة تعطي تعاريف بمادة الفصل وإظهار للنظرية الأساسية. وقد حرصنا على إعطاء أمثلة محلولة عند الشعور بأنها تضيف وتوضح النص بأسلوب بسيط ومفيد. والسبب في إعطاء الأمثلة المحلولة هذه هو أن القارئ يميل إلى الرغبة في تطبيق المعرفة ضمن نطاق عمله ويحتاج الى الممارسة العملية لاستكمال المعلومات من أوجه الموضوع المختلفة.

من المؤمل أن يجد المهندسون وغيرهم في هذا الكتاب دليلا مفيدا وواضحا لمساعدتهم في التصاميم الهندسية للتمديدات الكهربائية وتنفيذها وكذلك تدريسها كمحاضرات متواضعة وتكون لهم الفرصة المتاحة للتفكير والفهم والمناقشة ولممارسة أمور عملية للمعلومات الفنية الموجودة في فصوله.

إن المؤلف إذ يرحب بأي انتقاد بناء لهذا الكتاب سوف يكون ممتنا إذا ما تم تزويده بأية ملاحظات أو عن أي خطأ وارد أو تعقيب يسهم في تقويمه لإظهاره بالشكل الأمثل.

وفي الوقت نفسه يتقدم المؤلف بالشكر الجزيل إلى الأستاذ الدكتور محمد زكي محمد خضر أستاذ الهندسة الكهربائية في الجامعة الأردنية وكذلك الدكتورالمهندس المستشار هاني عبيد لقيامهما بتقويم الكتاب من الناحيتين العلمية واللغوية والدكتور محمود زيدان الأستاذ المساعد في قسم الهندسة الكهربائية في جامعة الزيتونة الأردنية الذي قام بالقراءة الأولية لفصول الكتاب وإبداء ملاحظاته القيمة . وكذلك إلى المهندس زيدون خالد والصيدلانية سرى محمد توفيق والمهندسة المعمارية نور محمد توفيق الذين ساهما بطبع مسودات الكتاب والمخططات وكذلك جميع مهندسي المكتب الاستشاري الهندسي في جامعة النهرين- العراق، الذين شاركوا في إنجاز الرسوم وإعداد الجداول الواردة فيه . ويشكر المؤلف أيضا جميع المهندسين الاستشاريين في المجموعة الهندسية الاستشارية- بغداد/ العراق الذين ساهموا بشكل أو بآخر بإعطاء المشورة العلمية والعملية والفنية في الاختصاصات الهندسية الأخرى التي لها علاقة بموضوع التمديدات الكهربائية........

بين يديك الآن ثمرة جهد لا نزكيه ولكنا نجد الغبن في ألا ننبه عليه ونسميه، جعلنا الله سبحانه وتعالى من الذين يستمعون القول فيتبعون أحسنه. والله ولي التوفيق.

المؤلف

مايس 2012

مقدمة الطبعة الثانية

بسمه تعالى

بعد نفاذ الطبعة الأولى لهذا الكتاب والإقبال الكبير من قبل الطلبة والمهندسين ، آثرت أن أقوم بطبعه مرة ثانية. ولكن في هذه الطبعة المنقحة والمزيدة ، أدخلت مواضيع جديدة وتعديلات وتصحيح لبعض المفاهيم التي وردت في الطبعة الأولى دون الإسهاب في شرحها وإيضاحها ضمن الفصول الأثنتى عشر.
وفي هذه المناسبة لايسعني إلا أن اشكرألأساتذة الأفاضل الذين قاموا بمراجعة الكتاب وإبداء ملاحظاتهم القيمة التي اسهمت في زيادة القيمة العلمية لهذا الكتاب ، وهم كل من السادة :

- الأستاذ الدكتور محمد زكي محمد خضر أستاذ الهندسة الكهربائية في قسم الهندسة الكهربائية - الجامعة الأردنية
- الدكتورالمهندس المستشار هاني عبيد - جامعة العلوم التطبيقية الخاصة - الأردن
- الدكتور محمود زيدان الأستاذ المساعد في قسم الهندسة الكهربائية في جامعة الزيتونة الأردنية
- الدكتورالمهندس أيمن الأغا – المستشار في وزارة الصناعة الأردنية والمستشار في نقابة المهندسين الأردنيين
- الدكتور المهندس عودة الفاعوري - قسم الهندسة الكهربائية في جامعة البلقاء التطبيقية – الأردن
- الدكتور منذر نعمان بكر أستاذ الهندسة الكهربائية والتحكم في جامعة فيلادلفيا – الأردن
- الدكتور صفاء سعود مهدي الأستاذ المشارك في جامعة النهرين – العراق
- المهندس احمد محمد توفيق الزهيري – المركز الوطني للاستشارات الهندسية البريطاني - لندن

كما قمت بأخذ جميع الملاحظات القيمة التي وردتني من القراء الكرام بعين الإعتبار ليكون الكتاب أكثر فائدة. وأود أن أبين للقارئ الكريم أن ترقيم المعادلات في هذه النسخة تقرا من اليسار الى اليمين . أما ترقيم الفقرات والأشكال والجداول وغيرها فتقرأ من اليمين الى اليسار ، وأود الإشارة اليه ايضا الى أن الأحرف اللاتينية والمصطلحات الإنكليزية التي تظهر خلال الأسطر تقرأ من اليسار الى اليمين ، آملين أن نكون قد وفقنا في مجهودنا هذا قد ساهمنا في إغناء المكتبة العربية الفتية التي لاشك أن بها حاجة إلى المزيد من الكتب والمراجع لكي يستفيد منها الطلبة والمهندسون ورجال الصناعة .وفق الله الجميع لما هو خير الأمة العربية والبشرية جمعاء وهو تعالى من وراء القصد .

ألأستاذ الدكتور
محمد توفيق الزهيري
عمان - 2016

الفصل الأول

التمديدات الكهربائية – الطرق والأساليب

1-1 مقدمة

تطورت طرق وأساليب وأنوع التمديدات الكهربائية (وتسمى بالتأسيسات أو التركيبات الكهربائية في بعض الدول العربية) للأبنية والمنشآت شأنها شأن المهن الهندسية الأخرى خلال القرن الماضي بتطور أنواع الأسلاك الناقلة وعوازلها المختلفة . فحينما كانت مادة المطاط المستخلصة من شجرة المطاط التي تزرع في أقطار عديدة من العالم منها الهند وأفريقيا هي الأكثر استخداماً لعزل الأسلاك النحاسية الخاصة بالتمديدات الكهربائية في فترة العشرينات إلى الخمسينيات من القرن الماضي فقد كانت معظم التمديدات من النوع الظاهر الذي يثبت مباشرةً على الجدران والسقوف أو داخل أنابيب (مواسير) معدنية ظاهرة . كذلك تم استخدام النوع المخفي (المطمور) بأنابيب حديد تثبت داخل الجدران أوالسقوف أوالأرضيات وتسحب الأسلاك الكهربائية اللازمة داخلها ولا يظهر من هذه التمديدات سوى المفاتيح وتراكيب الإنارة والمآخذ (المقابس).

إن أبرز أنواع الأسلاك القديمة التي كانت تستخدم في التمديدات هي الاسلاك النحاسية المغلفة بمادة المطاط الصلب (TRS-Tough Rubber Sheathed) أو المطاط المفلكن المقوى أو المصلد بالكبريت (VIR-Valcanized Rubber Insulated). وعند ظهور البوليمرات Polymers في الخمسينيات من القرن الماضي إتجه العالم إلى إستخدام مادة البلاستيك لعزل الأسلاك النحاسية. واتخذ هذا العازل أنواعا كثيرة أشهرها النوع المعروف بكلوريد متعدد الفنيل PVC نظراً لما تمتازبه هذه المادة من قابلية جيدة للعزل الكهربائي والمرونة الجيدة خلافا لمادة المطاط التي ثبت تيبسها ذاتياً بتقادم الزمن بسبب مرور التيار في السلك مما يؤدي الى تشققها وتكسرها في مكانها وبدون تعرضها إلى عوارض ميكانيكية خارجية .

ونتيجة لما إمتازت به الأسلاك المعزولة بمادة كلوريد متعدد الفنيل من مقاومتها للعوامل الجوية وطول عمرها التشغيلي ومرونتها وعدم تأثرها بمواد البناء مثل الأسمنت والجص وغيرها فقد ظهرت أنواع عديدة لإنظمة التمديدات الكهربائية غيرالتقليدية أستخدمت بنجاح في معظم أنحاء العالم خاصة في التمديدات الكهربائية للأبنية السكنية والتجارية والمنازل والمنشآت الصناعية وغيرها . ولأجل الإختصار سنسرد في الفقرات التالية هذه الأنواع لغرض الفائدة .

2-1 أنواع التمديدات (التأسيسات) الكهربائية

تقسم التمديدات الكهربائية إلى نوعين رئيسين :-

(أ) ألتمديد الظاهر

(ب) ألتمديد المخفي

يستخدم اسلوب التمديد الظاهر في اغلب الأحوال في المنشآت الصناعية والمصانع الصغيرة والمنازل المبنية من الخشب والتوسعات في الأبنية القديمة او الغرف التي لايكون فيها المظهر العام مهم جدا. أما انواعه فتكون كما ياتي :

1-2-1 ألتمديد الظاهر بالأسلاك المعزولة

ينفذ التمديد الظاهر بإستخدام أسلاك متعددة النواقل (مزدوجة أوثلاثية الناقل للطور الواحد) محزومة بمادة البلاستك وتوضع هذه الأسلاك فوق البياض (التجصيص Plastering) أو اللبخ (القصارة) مباشرةً ويتم تثبيتها بمثبتات Clips معدنية مصنوعة من الألمنيوم أو المعادن المرنة الأخرى . وتكون كافة المواد الأخرى ظاهرة أيضا مثل المفاتيح الكهربائية ونقاط الإنارة وملحقاتها .

2-2-1 ألتمديد الظاهر بالأنابيب (المواسير) المعدنية

تستخدم الأنابيب المعدنية في التمديدات الكهربائية مع ملحقاتها اللازمة للتثبيت والتشغيل حيث يتم سحب الأسلاك الكهربائية داخلها. و يجب أن تكون الأنابيب المستخدمة نظيفة وتتميز بنعومة سطحها الداخلي وخلوه من الحافات الحادة والنتوءات التي تؤدي إلى تلف الأسلاك خلال عملية السحب . وتوفر الأنابيب المعدنية حماية للأسلاك التي في داخلها من العوارض والتأثيرات الميكانيكية الخارجية وحمايتها من الحرائق عند حدوثها . كذلك تسهل عملية الصيانة وإبدال الأسلاك التالفة أو إضافة أسلاك جديدة .أما مساؤها فإنها تكون غالية الثمن وصعبة التنفيذ ، ويتطلب مدها وتثبيتها على الجدران والسقوف إلى أشخاص مهرة متدربين تدريباً جيداً علاوة على أنها تأخذ وقتاً طويلاً في التنفيذ ، كما أنها تتعرض للتلف نتيجة الصدأ وتتأثر بالموادالكيميائية.

وتستخدم مع الأنابيب المعدنية ملحقات أخرى مثل الوصلات والحنيات (العكوس) والعلب المعدنية ، مربعة أو مستطيلة أو دائرية الشكل ، لغرض التوصيل والإستراحة وتثبيت الازرار (المفاتيح) وتراكيب (وحدات) الإنارة.

تصنع أنابيب التمديد المعدنية Steel Conduit Tubes ، وفقاً للمواصفات الدولية الخاصة بالأنابيب الكهربائية المعدنية ومنها المواصفة البريطانية رقم 4568 لسنة 1970- القسم الاول (BS4568/PART 1 , 1970) ، أو ما يكافئها ، من الفولاذ (الحديد الصلب) أو الحديد المطاوع Malleable iron or steel بأقطار قياسية بالنظام المتري وهي (30,25,20,16 ملمتر). أو (1\4, 1\2 , 3\4 ,1عقدة (بوصة)) بالنظام الأمبريالي Imperial المستخدم في بعض الدول .

وتكون هذه الأنابيب على أنواع متعددة ، إلا أنه يمكن تقسيمها وترتيبها بنوعين رئيسيين :

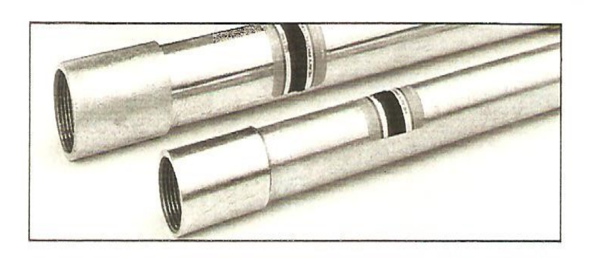
- إنبوب حديد مصبوغ باللون الأسود Black Enameled Steel conduit

- إنبوب حديد مغلفن Galvanized Steel conduit

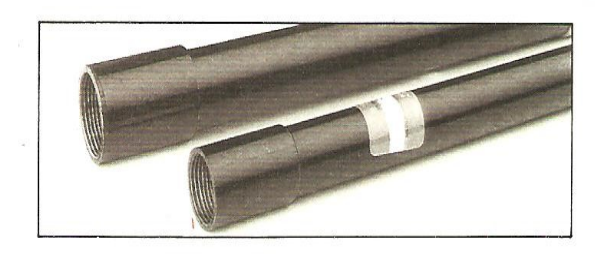
ويصنع إنبوب الحديد الأسود بأربعة أنواع طبقا للمواصفة البريطانية BS4568/PART 1 لسنة 1970 كما يأتي :

- إنبوب عيار ثقيل ملحوم ومسنن Heavy Gage screwed & welded
- إنبوب عيار متوسط ملحوم ومسنن Medium Gage screwed & welded
- إنبوب عيار خفيف ذي نهايتين غير مسننتين Light Gage Plain Ends
- إنبوب صلد مسحوب غير ملحوم يمكن تسنينه Solid drawn Screwed

أما الإنبوب المغلفن فيصنع بثلاثة أنواع من الأنواع المذكورة أعلاه عدا النوع ذي العيار الخفيف . ويوضح الشكل (1-1) النوعين من أنابيب التمديد.



الحديد المغلفن



الحديد الأسود المصبوغ

الشكل (1-1) أنواع الأنابيب المعدنية المستخدمة في التمديدات الكهربائية .

وتصنع ملحقات الأنابيب الضرورية للتمديد مثل العكوس Elbows والحنيات Bends والوصلات على شكل حرف T (Tees) والمثبتات Saddles والكلاليب Hooks ومسامير التثبيت الكلابية Crampets والمعشقاتCouplers والصناديق Boxes والعلب المستقيمة والدائرية من المواد نفسها التي يصنع منها الأنبوب وفق المواصفة البريطانية رقم 4568 القسم الثاني لسنة 1970 (BS4568 PART2 1970) أو ما يعادلها. ويبين الشكل (1-2) قسماً من هذه الملحقات.

متطلبات التمديد بالأنابيب:

تخضع التمديدات الكهربائية بمنظومة الأنابيب Conduit system إلى متطلبات يستوجب على المنفذ اتباعها وهي :

1- يجب تنفيذ منظومة الأنابيب الظاهرة بصورة متقنة ونهائية قبل سحب الأسلاك الكهربائية داخلها.

2- يجب أن تتوفر في منظومة الأنابيب الظاهرة التثبيت الجيد والمتانة الميكانيكية .

3- الإلتزام بتعليمات الشركة الصانعة الخاصة بأنصاف الأقطار للإنحناءات وعدم تجاوزها عند إستخدام معدات ثني الأنابيب (لا تتجاوز 2.5 مرة القطر الخارجي للأنبوب).

4- سهولة إدخال الأنابيب عند اتصالها بالصناديق والعلب وتثبيتها مع هذه الملحقات بإستخدام المثبتات الخاصة Bushings .

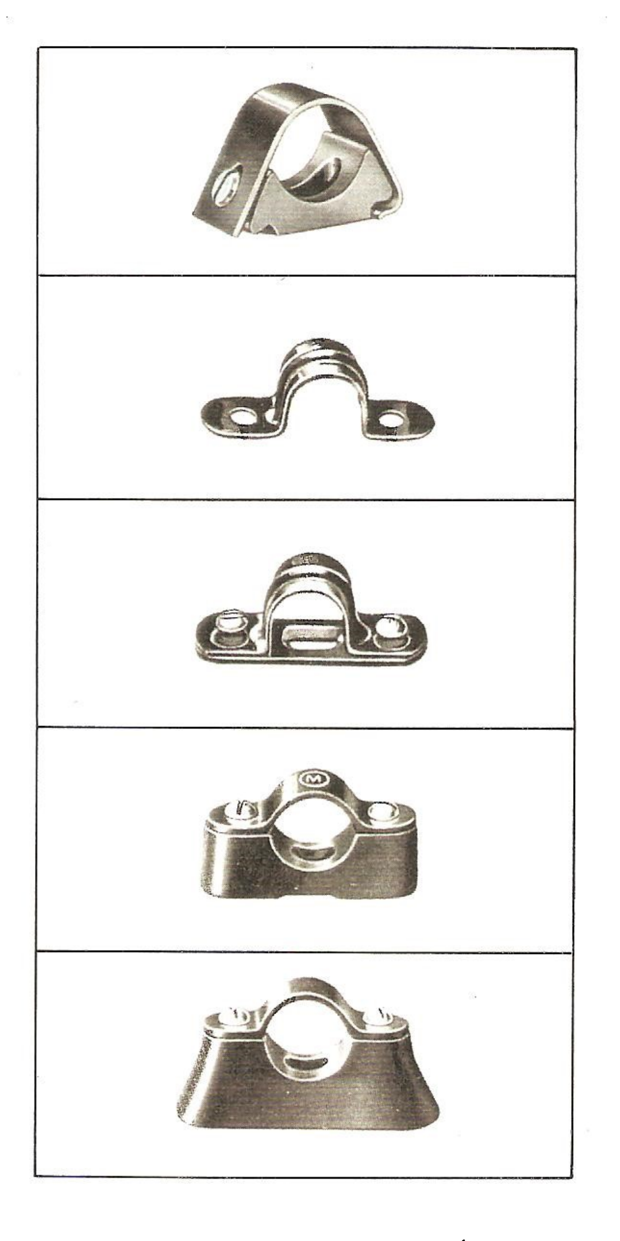
5- من الضروري في منظومة الأنابيب وجود ملحقات كافية لغرض الفحص توضع في أماكن ممكن الوصول إليها لغرض سحب الأسلاك أو إضافة أسلاك أخرى من خلالها مستقبلاً.

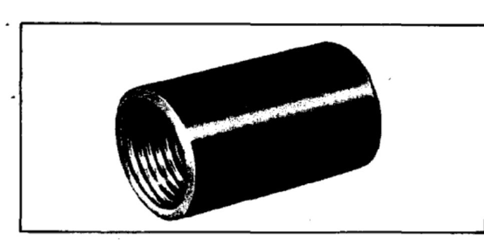


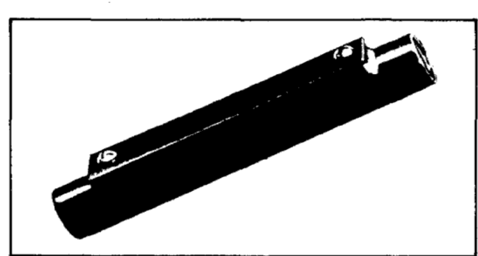
العكوس (الأكواع) ELBOWS — الحنيات BENDS

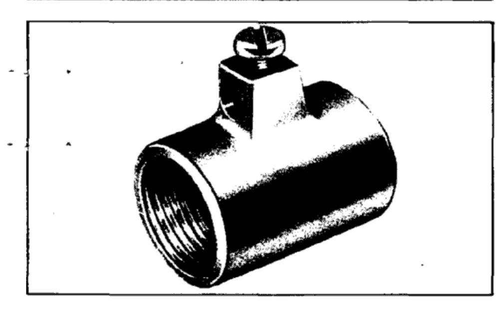
الوصلات حرف (T) TEES — الصناديق الحديدية BOXES

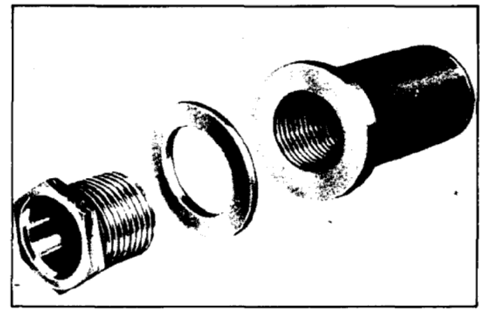
الشكل (1-2 (أ)) ملحقات الأنابيب المعدنية .











المثبتات أو الماسكات SADDLES
للتمديد الظاهر

المهايئات ADAPTERS





مسمار التثبيت CRAMPETS

الخطاف (الكلاب)HOOK

الشكل (1-2 (ب)) ملحقات الأنابيب المعدنية .

6- يجب أن يكون عدد الأسلاك داخل الأنبوب مناسباً بحيث لا تشغل أكثر من 60% من مساحة مقطعه العرضي ، أي يترك عامل فراغ مقداره 40% من مساحة مقطع الأنبوب العرضي .
7- لا يسمح بثني الإنبوب بزاوية 90 درجة أكثر من مرتين عند تمديده . وإذا دعت الحاجة إلى إستخدام أكثر من إنحنائين بزاوية 90 درجة فيتم تخفيض عدد الأسلاك بحيث يكون عامل الفراغ 50% . ويعرف عامل الفراغ بكونه النسبة بين مجموع مساحة المقاطع العرضية الفعلية الكلية للأسلاك التي تشكل حزمة واحدة إلى مساحة المقطع العرضي للأنبوب الذي يستخدم لإمرارها داخله .

مثال: إذا كان لدينا 12 سلك نوع PVC مفرد ، القطر الكلي (d) لكل سلك 3.5 ملم سحبت جميعها داخل أنبوب قطره الداخلي (D) يساوي 22ملم عندئذ يحسب عامل الفراغ Space factor كما يأتي :

مجموع مساحات الأسلاك = 12× مساحة السلك الواحد

$$= 12x(d/2)^2\,\pi$$

مساحة الأنبوب $= (D/2)^2\,\pi$

لذا يكون عامل الفراغ Space factor :

$$space\ factor = \frac{12\,\mathrm{x}\,(\,0.25\,\pi\,)\,\mathrm{d}^2}{(\,0.25\,\pi\,)\,\mathrm{D}^2} = \frac{12x0.7854x(3.5)^2}{0.7854x(22)^2} = 0.3 = 30\%$$

8- تجنب إستخدام الإنحناء على شكل حرف (U) للأنبوب قدر الإمكان .
9- تجنب حدوث تيارات حثية في الأنابيب المعدنية إذ أن الأسلاك الناقلة للتيار المتناوب A.C. يجب أن ترتب دائماً بحيث تكون أسلاك الأطوار وسلك المحايد Nuetral wire جميعها في الأنبوب نفسه ؛ لأنه إذا كان السلك الناقل Lead wire والسلك الراجع Return wire في الأنبوب نفسه فإن المجالات المغناطيسية المتولدة حول الأسلاك سوف تلغي بعضها البعض.
10 - عند إستخدام الأنابيب المعدنية المرنة Flexible metal conduits فيجب أن تكون من النوع غير القابل للإشتعال والإمتصاص ومضاد للرطوبة وكذلك له متانة ميكانيكية مقبولة . وتجدر الإشارة إلى أن الأنابيب المعدنية المرنة Flexible pipe غالبا ما تستخدم في التمديدات عند تقاطع الأنابيب الإعتيادية مع الجسور والروافد الخرسانية في السقوف أو الجدران للأبنية وكذلك عند نهايات الأحمال لسهولة فصل المغذيات عن الحمل لأغراض الصيانة وغيرها عندما تدعو الضرورة لإستخدامها. وتصنع هذه الأنابيب عموماً وفق المواصفة البريطانية BS731 وتتراوح أقطارها الداخلية بين 8 ملم الى 50 ملم للأغراض العامة وتتحمل درجات حرارة من - 25 الى + 75 درجة مئوية. وهناك نوعان خاصان من هذه الأنابيب المرنة ؛ الأول يصنع من مادة كلوريد متعدد الفنيل PVC مضافا إليها مادة معدنية (حديد صلب في الغالب) تتحمل درجات حرارة عالية (من - 40 إلى+ 105 درجة مئوية) والثاني يضاف إليه مادة مضادة لإنتشار اللهب Flame Retardant ويعمل بدرجات حرارة تتراوح

بين – 30 الى + 105 درجة مئوية ويتم تصنيعهما وفقا للمواصفتين البريطانيتين BS6500 و BS476 على التوالي .

11- للإطلاع على سعات إستيعاب الأنابيب من الأسلاك حسب مساحتها وأحجامها ،راجع الجدول رقم (2-2) في الفصل الثاني الخاص بالأسلاك والكيبلات .

3-2-1 ألتمديد الظاهر بأنابيب غير معدنية (البلاستك الثقيل)

تتميز الأنابيب غير المعدنية مثل أنابيب البلاستك ذات العيار الثقيل من نوع UPVC بخفة وزنها ورخص ثمنها وسهولة التعامل معها أثناء التنفيذ،(الشكل 1- 3) ، كذلك تمتاز بمقاومتها للتآكل وعدم قابليتها على التمغنط ويمكن ثنيها بدرجات حرارة اعتيادية. إلا أن لها مساوئ تكمن في عدم إمكانية إستخدامها في الأماكن التي تزيد درجة الحرارة فيها عن 60 درجة مئوية أو تقل عن 5 درجة مئوية تحت الصفر . كما أنها تكون أكثر عرضة للكسر والتلف مقارنةً بالأنابيب المعدنية ، إضافة الى أن صناديقها البلاستيكية لاتتحمل تراكيب إنارة معلقة تزيد أوزانها على 3 كيلوغرام . وتجدر الإشارة إلى أن هذه الأنابيب لها قابلية للتمدد أكبر من الأنابيب المعدنية ، لذا يجب أخذ الإحتياطات اللازمة بهذا الخصوص عند التنفيذ . وتصنع هذه الأنابيب عادة من مادة كلوريد متعدد الفنيل طبقا للمواصفة البريطانية رقم BS6009 . وتكون أقطارها و أطوالها وسماكاتها المتداولة كما مبينة في الجدول . (1-1)



الشكل(1-3) أنابيب (مواسير) البلاستيك من نوع UPVC المستخدمة في التمديدات الكهربائية .

الجدول (1-1) أنابيب البلاستك المستخدمة محليا (العامة)

التفاصيل			
الطول	السمك	القطر الخارجي	اللون
2.9 متر	1.55 ملمتر	20 ملمتر	أبيض وأسود
2.9متر	1.8 ملمتر	25 ملمتر	أبيض وأسود
2.9 متر	2.0 ملمتر	32 ملمتر	أبيض وأسود
2.9 متر	2.2ملمتر	38 ملمتر	أبيض وأسود
2.9 متر	2.5 ملمتر	50ملمتر	أبيض وأسود
2.9 متر	1.4ملمتر	16 ملمتر	أبيض وأسود

أما ملحقات التمديد بالأنابيب غيرالمعدنية مثل العكوس (الأكواع) والوصلات والحنيات والمثبتات (المرابط) والصناديق والعلب وغيرها التي ورد ذكرها في الفقرة السابقة للأنابيب المعدنية فتصنع هي الأخرى من مواد الأنابيب نفسها كالبلاستك بأنواعه ، أنظر الشكل (1-4) . وتطبق كذلك جميع متطلبات التمديد بالأنابيب المعدنية على التمديد بالأنابيب غير المعدنية الوارد ذكرها في الفقرة (1-2-2) السابقة عدا ما جاء بصدد ثني الأنابيب لكون أنابيب البلاستيك غير قابلة للثني الذي يعرضها للكسر مما يتطلب إستخدام عكوس (أكواع) أو توصيلات بلاستيكية بزوايا مختلفة خاصة.

1-2-4 ألتمديد الظاهر بإستخدام منظومات التأطير Trunking System

عندما يتعذر إستخدام الأنابيب المعدنية أو البلاستك في تنفيذ التمديدات الكهربائية بسبب عدم إمكانية إستيعاب أعداد كبيرة من الأسلاك أو تعذر سحب الكيبلات داخل الأنابيب ، تستخدم عندئذ طريقة التأطير Trunking بدل الأنابيب . والأطرهي عبارة عن حاويات معدنية أو غير معدنية تصنع بأحجام مختلفة ومقاطعها تبدأ من 37.5 ×37.5 ملمتر الى 600×150 ملمتر . وتنتج عموماً بطول 2 متر سوية مع كافة ملحقاتها القياسية من العكوس والروابط والتوصيلات والمواد اللازمة لتثبيتها. وتثبت الأطرعلى الجدران مباشرةً باستخدام اللوالب الأعتيادية أو يمكن تعليقها من السقوف وتكون على ثلاثة انواع :

- مما شي الكيبلات Cable Ways
- حاملات الكيبلات (الصواني) Cable Trays
- مسارب الكيبلات Cable Ducts

الأكواع (الحنيات) Elbows



علب دائرية



وصائل



مهايئ Addapter



مثبتات Saddeles



علب حائط للتمديدات المخفية والظاهرية بعمق قياسي 35mm

الشكل (1-4) ملحقات (قطع التركيب) للأنابيب البلاستيكية طبقا للمواصفة البريطانية BS460 .

تصنع مماشي الكيبلات عادة من ألواح الفولاذ المغلفن المعامل حرارياً Hot–dip galvanized sheet steel وتستخدم للتمديد السريع لعدد كبيرمن الأسلاك أو الكيبلات في الابنية الكبيرة وتبدأ قياساتها من 50ملمتر الى 600 ملمتر إعتماداً على عدد الأسلاك أو الكيبلات المطلوب مدها عليها. وتستخدم المماشي عادة في الأبنية المتعددة الطوابق وخاصة في طوابق التسوية Basement إذا كانت لوحات التوزيع الرئيسية للبناية موضوعة فيها. أما حاملات الكيبلات فتصنع من ألواح فولاذية مغلفنة خفيفة نسبيا (أو من الألمنيوم) وتشبه في الشكل عموماً مماشي الكيبلات، إلا أن شكلها يكون أبهى نتيجة للمعان سطحها الذي عادة ما يطلى بمادة مغلفنة تدعى سندزمير sendzimir-galvanized . وتكون أحجامها أصغر بقليل من مماشي الكيبلات، لاحظ الشكل (1-5) . وتستخدم لحمل الأسلاك والكيبلات في الأبنية التي تحتوي على سقوف ثانوية، إذ يتم تمديدها فوق هذه السقوف وبمسارات محددة ثم تتصل بأنابيب التمديد النازلة منها إلى النقاط الكهربائية. وتستخدم أيضاً لشبكات الإتصالات والإنترنيت وغيرها من المنظومات ذات التيار الخفيف . أما إذا إستخدمت الحوامل في مناطق مكشوفة للشمس فيجب أن تزود بأغطية معدنية لغرض حماية الكيبلات من التأثير المباشر لحرارة الشمس.

والنوع الثالث من منظومات التأطير هو المسارب Ducts أو (Dado trunking) التي غالباً ما تصنع من مادة كلوريد متعدد الفينيل الصلب Hard PVC أو من المعادن وتستخدم للمد السريع للأسلاك والكيبلات الطويلة نسبياً على الجدران والسقوف. وتمتاز المسارب عن المماشي والحوامل سالفة الذكر كونها تحمي الأسلاك والكيبلات من الأتربة والصدمات لإحتوائها على أغطية خاصة بها. وتستخدم عادةً للأسلاك والكيبلات صغيرة المقطع كثيرة العدد ، فمثلا توجد مسارب بأبعاد 200×50 ملمتر تستطيع احتواء 35 سلك قياس (3×1.5ملم^2) .أما ملحقاتها فتصنع عادة من مادة بلاستيكية تدعى بوليستايرول polystyrol. ويكثر إستخدام المسارب لتوصيل أجهزة الإتصالات والأجهزة الكهربائية في المكاتب وأماكن العمل والمختبرات والمعامل والمدارس والمستشفيات ومراكز التدريب .

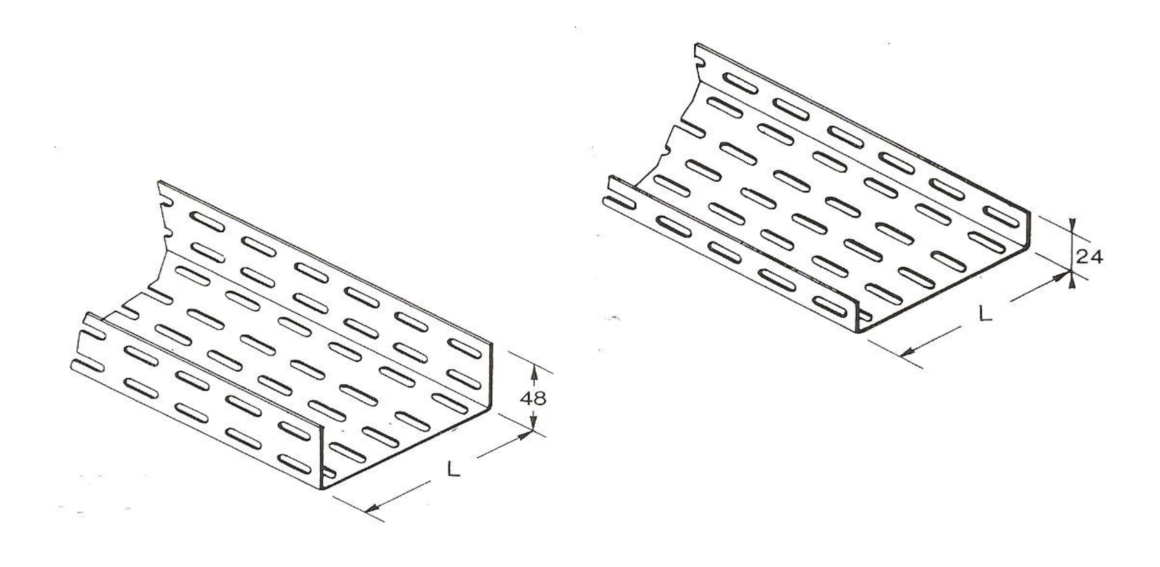
وتخضع منظومات التأطير للتمديدات الكهربائية أيضا إلى المتطلبات العامة التالية :

1- يجب أن تثبت بصورة جيدة وأمينة .

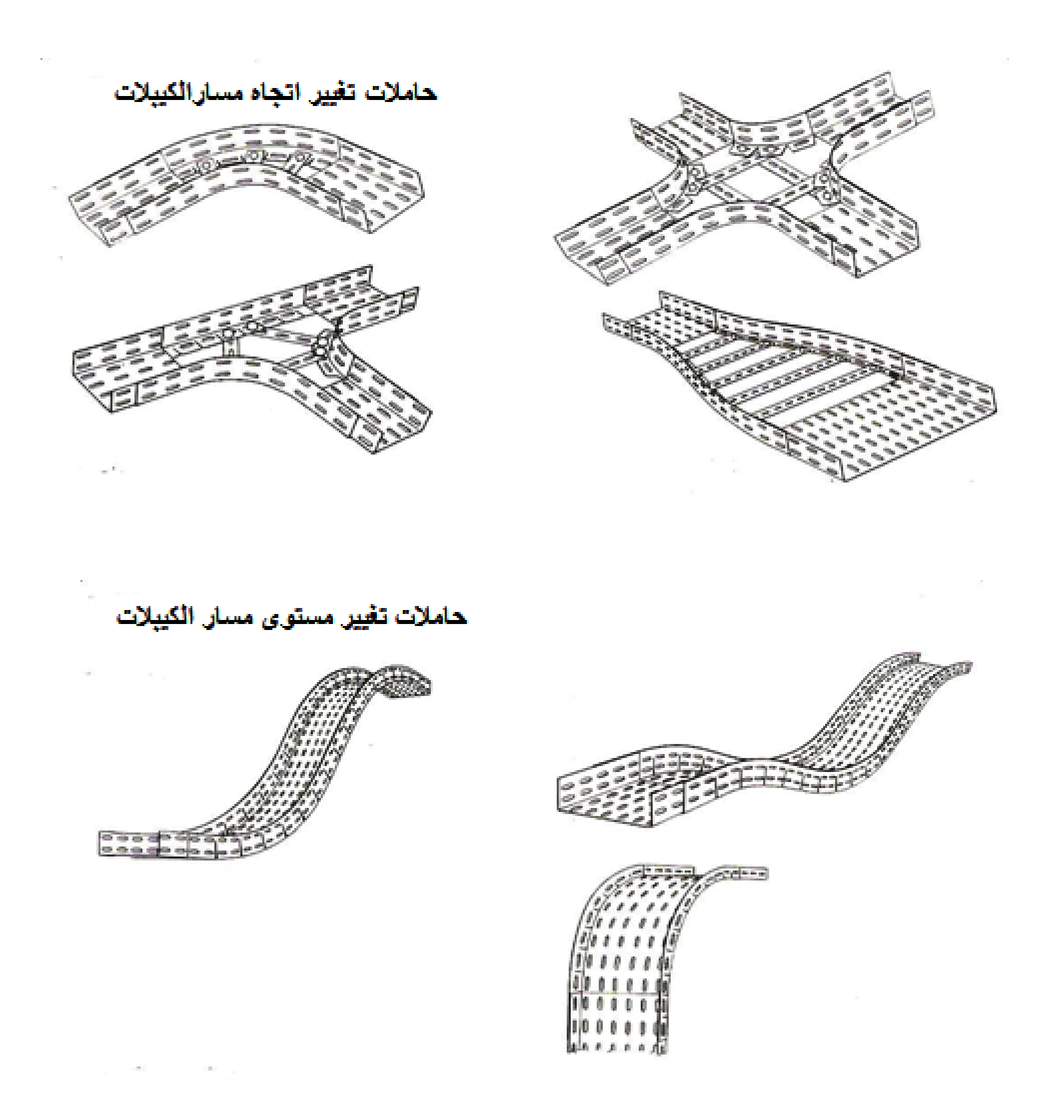
2- الإلتزام بتحديدات أنصاف أقطار الثني .

3- منع دخول الماء اليها قطعياً .

4- يجب أن تثبت بصورة جيدة وأمينة



حاملات الكيبلات الإعتيادبة المسطحة FLAT CABLE TRAYS



الشكل (1-5) أشكال حاملات الأسلاك والكيبلات المستخدمة في التمديدات الظاهرية.

5. تجنب تعرض الاسلاك والكيبلات المحمولة الى تخديش العازل أو ثقبه نتيجة النتوءات المعدنية.

كما تطبق معظم متطلبات التمديد بالأنابيب المعدنية الواردة في الفقرة (1-2-2) عليها أيضاً ، ويبين الشكل (1-6) نماذج من منظومات التأطير .

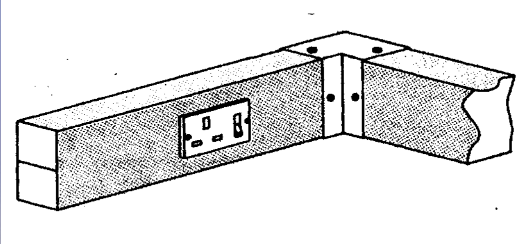


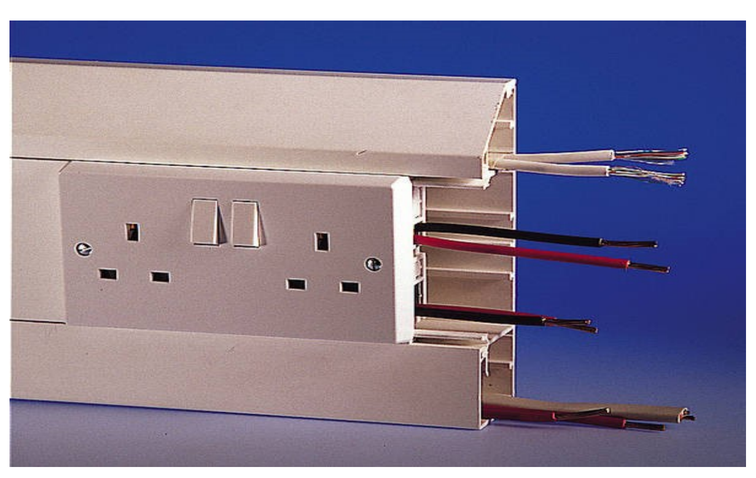
مسارب بلاستك



مسارب معدنية

منظومة تأطير للكيبلات (مسارب الكيبلات)





منظومة تأطير (مسرب بلاستك) للمآخذ (المقابس) (Dado trunking) للأسلاك القدرة والإتصالات





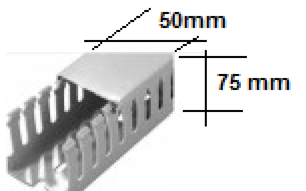




الشكل (1-6) نماذج من منظومات التأطير(المسارب) البلاستيكية .

حساب عدد االأسلاك التي تستوعبها الأطر (المسارب) في منظومات التأطير

يعتمد عدد الأسلاك التي يستوعبها الإطار(المسرب) على مساحة مقطعه العرضي وعامل الفراغ المعتمد ويوصى في منظومات التأطير أن يأخذ عامل فراغ مقداره 45 % من مساحة الإطاردائما. فمثلا لو أخذنا إطارا ابعاده 75 mm.×50 mm فان مساحته الكلية ستكون :



$$50 \times 75 = 3750 \text{ mm}^2$$

أما مساحته المفيدة فسوف تكون (بعد أخذ عامل الفراغ بعين الإعتبار):

$$\frac{3750 \times 45}{100} = 1687.5 \text{ mm}^2.$$

ولغرض حساب عدد الأسلاك التي يستوعبها الإطار يعطي الجدول (1- 2) التالي أقطار الأسلاك القياسية المستخدمة في التمديدات الكهربائية .

الجدول (1- 2) أقطار الأسلاك الكهربائية ذات عزل PVC

القطر الكلي الفعلي للسلك (mm)	عدد الأسلاك واقطارها (للأسلاك المظفورة mm)	حجم الموصل (mm^2)
2.9	1 × 1.13	1.0
3.1	1 × 1.38	1.5
3.5	1 × 1.78	2.5
3.8	7.067	2.5 (مظفور)
4.3	7 × 0.85	4
4.9	7 × 1.04	6
6.2	7 × 1.35	10
7.3	7 × 1.70	16
9.0	7 × 2.14	25
10.3	19 × 1.53	35
12.0	19 × 1.78	50

ولو اردنا معرفة عدد الأسلاك المفردة قياس 10 mm^2 بعزل PVC التي يستوعبها الإطار أعلاه :

من الجدول (2-1) نجد أن القطر الكلي لسلك قياس 10 mm^2 هو 6.2 mm ومساحته :

$$\frac{\pi\, d^2}{4} = \frac{3.142\ x\ 6^2}{4} = 30.19 \text{ mm}^2$$

وبذلك يكون عدد الأسلاك $= \frac{\text{المساحة المفيدة للإطار}}{\text{مساحة السلك الواحد}} = \frac{1687.5}{30.15} = 55.89$ لذا نستخدم 55 سلك .

1-2-5 ألتمديدات الكهربائية المخفية

تنفذ التمديدات الكهربائية المخفية عادةً في الجدران والسقوف وتحت البياض (التجصيص) واللبخ مباشرة ولا يظهر منها إلا المفاتيح والمآخذ (المقابس) . ويكون منظرها أفضل من التمديدات الظاهرة، ويفضل إستخدامها في البنايات السكنية والمكاتب والمدارس والمستشفيات والأبنية التجارية وهي الأكثر إستخداما في الوقت الحاضر؛ ويتم تنفيذها بألاساليب التالية :

أ- ألتمديد المخفي بإستخدام الأنابيب المعدنية.

ب- ألتمديد المخفي بإستخدام الأنابيب غير المعدنية (البلاستك الثقيل).

ج- ألتمديد المخفي بإستخدام أسلاك مغلفة بمادة كلوريد متعدد الفنيل المصممة خصيصاً لتنفذ تحت البياض (التجصيص) واللبخ (القسطرة) مباشرةً (اسلاك السيمنس).

1- ألتمديد المخفي باستخدام الأنابيب المعدنية

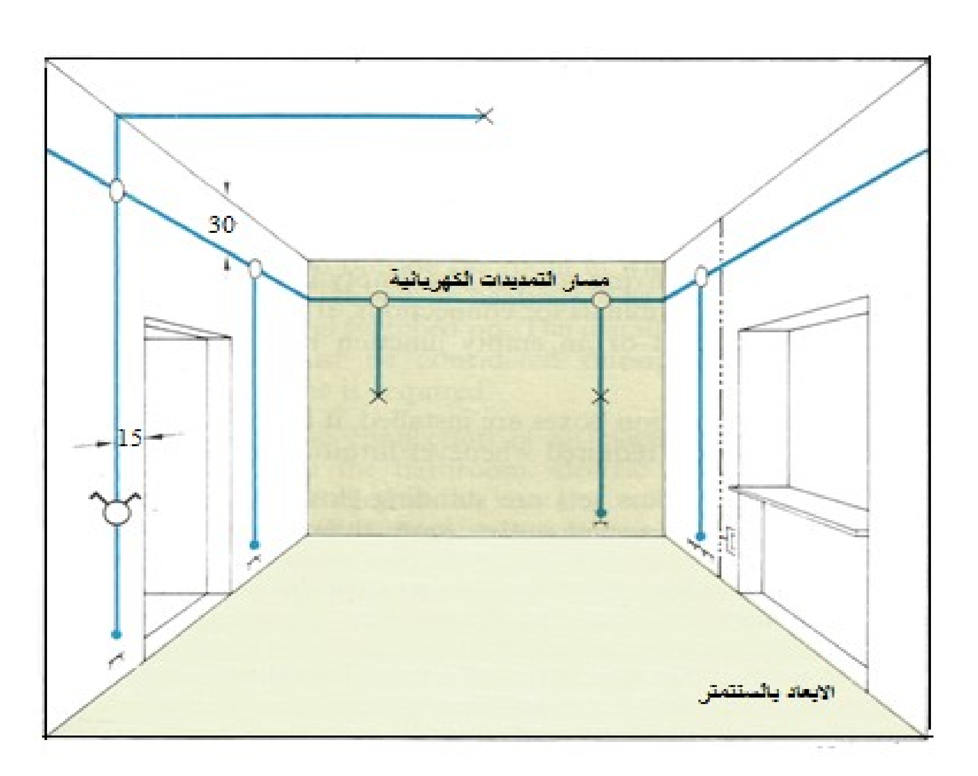
تستخدم الأنابيب المعدنية المذكورة في الفقرة (1-2-2) السالفة الذكر نفسها في هذا النوع من التمديدات، ويفضل عادةً إستخدام الأنابيب المغلفنة ذات العيار الثقيل Heavy Gage لضمان عدم تآكلها بسهولة. وتنفذ الأنابيب وملحقاتها في السقوف عند الإنتهاء من وضع القالب الخشبي للسقف الذي يستخدم لصب الخرسانة أو الباطون حسب المخططات وتثبت بمسامير كلابية خاصة قبل عملية صب الخرسانة . ويتم إنزال أجزاء منها إلى الجدران أو لوحات التوزيع . وتثبت أيضا على الجدران بموجب مخططٍ مدروس مسبقاً لغرض ربط النقاط الكهربائية الجدارية الأخرى من خلال الصناديق وإستراحات السحب وملحقات التوصيل ....الخ. وتتميز طريقة التمديد بالأنابيب المعدنية بكونها تعطي حماية جيدة للأسلاك التي في داخلها ولها نفس المتطلبات المذكورة في الفقرة (1-2-2) للتمديدات المعدنية الظاهرة.

2- التمديد المخفي باستخدام الأنابيب غير المعدنية

تستخدم أنابيب البلاستك الثقيل بدل المعدنية في التمديدات المخفية. وتكون التمديدات في هذه الحالة أرخص ثمناً وأسهل وأسرع في التنفيذ من التمديدات بالأنابيب المعدنية. إلا أن مساوئها هي إنها لاتوفر الحماية الكافية للأسلاك مثلما توفرها الأنابيب المعدنية. كذلك يجب الأنتباه عند استخدام أنابيب

البلاستك في السقوف والجدران الخرسانية عند صبها إذ أن الحرارة المتولدة في الخرسانة اثناء فترة تصلبها قد تتجاوزالـ 60 درجة مئوية نتيجة التفاعلات الكيميائية الناجمة عن التصلب لذا يفضل إستخدام أنابيب بلاستك مقاوم للحرارة مثل البلاستك متعدد الأثلين الحاوي على متعدد البروبلين . ويجب أيضاً تثبيت هذه الأنابيب بصورة جيدة على قضبان التسليح وتحريكها باستمرار أثناء عملية الصب باليد لإعطاءها المرونة الكافية لتفادي الإجهادات الميكانيكية على الأنابيب وملحقاتها .

وفي كثير من الدول وخاصة في الشرق الأوسط توضع أنابيب التمديد البلاستيكية على السقوف والجدران مباشرة دون دفنها ثم تغطى بمادة الجص (البلاستر) الأبيض مباشرة . وتخضع التمديدات الكهربائية بأنابيب البلاستك في هذه الحالة إلى قواعد ومتطلبات يجب إتباعها حيث يتم تثبيت الأنابيب في السقوف وتنفذ مسارات الدوائرالكهربائية الرئيسية والفرعية تحت السقف بمسافة 30 سنتمتر وبصورة أفقية لضمان عدم تعرضها لإمكانية دق المسامير. وتتخذ مسارات شاقولية فقط عند نزول الأسلاك على الجدران لتغذية أزرار(مفاتيح) الإنارة والمآخذ مباشرةً ويمنع تمديدها على الجدران وقرب الشبابيك بصورة عشوائية ، وتنطبق هذه القواعد على التمديد الظاهر ايضا ، لاحظ الشكل (1- 7) .



الشكل (1 – 7) متطلبات مسارات التمديد بالأنابيب غير المعدنية الظاهرة والمخفية .

3- ألتمديد المخفي بإستخدام الأسلاك المسطحة المغلفة بالبلاستك (أسلاك سيمنس)

يعد التمديد المخفي بإستخدام الأسلاك المعزولة بالبلاستك PVC والتي تدعى بأسلاك سيمنس (نسبة الى شركة سيمنس الألمانية التي أنتجتها لأول مرة) من أرخص وأسهل انواع التمديدات (التأسيسات) الكهربائية التي شاع استخدامها في العالم منذ بداية الستينيات في القرن الماضي . إذ يتم تثبيت هذه الأسلاك على السقوف والجدران قبل عملية البياض (التجصيص Plastering) أو اللبخ (القصارة) بالأسمنت وتكون تحت الجص Plaster أوالأسمنت حيث ثبت عدم تأثر المادة البلاستيكية العازلة للسلك بمواد البناء المذكورة وتبقى محتفظة بخواصها الأصلية دون تغيير حتى لو بقيت مدة طويلة جداً.

وتخضع التمديدات الكهربائية بأسلاك السيمنس إلى قواعد ومتطلبات يجب إتباعها حيث يتم تثبيت الأسلاك في السقوف وتنفيذ مسارات الدوائرالكهربائية الرئيسية والفرعية تحت السقف بمسافة تتراوح بين 30-40 سم وبصورة أفقية لضمان عدم تعرضها لإمكانية دق المسامير أو لوالب تثبيت تراكيب الإنارة الجدارية أو الصور وتتخذ مسارات شاقولية فقط عند نزول الأسلاك على الجدران لتغذية أزرار الإنارة والمآخذ مباشرةً ويمنع مدها على الجدران وقرب الشبابيك خاصةً بصورة عشوائية. وينصح بمراجعة المواصفة القياسية الالمانية VDE0100 الفقرة 42 وكذلك الكود الالماني رقم DIN18015 الخاص بهذا النوع من التمديدات.

وتجدر الإشارة إلى أن الأسلاك المستخدمة في هذا النوع من التمديد مصممة خصيصاً حيث توجد فسحة مناسبة من البلاستك بين الأسلاك الناقلة لغرض دق المسامير فيها لتثبيت الأسلاك على الجدران والسقوف بطريقة سهلة ، (انظر الشكل (1- 8)). ورغم سهولة التنفيذ ورخص الثمن وسرعة الإنجاز لهذا النوع من التمديد إلا أن له مساوئ عديدة أهمها أن الأسلاك تكون غير محمية تماماً من أخطار العوارض الميكانيكية مثل إحتمال دق المسامير في الجدران أو ثقبها بالمثاقب الكهربائية التي تؤدي إلى قطع الأسلاك دون سابق إنذار. كذلك فإن هذه الطريقة لاتؤمن سحب أو إضافة أسلاك أخرى في المستقبل أو إبدال التالف منها بالمرة.



الشكل (1-8) أسلاك التمديد (أسلاك سيمنس) المسطحة ثنائية أو ثلاثية القلب المصنعة وفق المواصفة الالمانية (NYIFY) VDE0250 .وتصنع عادة بقياسات : (2x1.5) ، (2x2.5) ، (3x1.5) و (3x2.5) ملم^2 .

6 -2-1 التمديد المباشر بالكيبلات

في بعض الأحوال يمكن تنفيذ التمديدات الكهربائية بالكيبلات مباشرة بأستخدام التمديد الظاهر أو المخفي. ففي التمديد المخفي تستخدم الكيبلات لغاية قياس $4mm^2$ للجدران النحيفة ، حيث تثبت على الجدران مباشرة قبل التجصيص plastering ثم يتم اخفاءها بالجص Plaster لاحقا. أما اذا كانت الجدران سميكة نوعا ما فيمكن استخدام كيبلات اكبر من $4mm^2$ وذلك بعمل اخاديد Slots داخل الجدران ووضع الكيبلات داخل هذه الأخاديد ثم تغطيتها بالجص أو السمنت .ويتم تهيئة الأخاديد اللازمة خلال عملية بناء الجدران نفسها . وتستخدم عناصر التمديد الأخرى مثل المفاتيح ومآخذ القدرة وازرار التشغيل نفسها في هذا النوع من التمديدات ، وقد تكون اما من النوع الظاهر الذي يثبت مباشرة على الجدار Surface mounted أو المخفي Recessed الذي يدفن داخل الجدار.

7-2-1 إختيار طريقة التمديد

إن إختيار أيا من طرق التمديدات الواردة ذكرها في الفقرة السابقة يعتمد على عوامل عديدة يجب على المهندس المصمم دراستها والقرار في اختيارها. وأهم هذه العوامل :

1- نوع البناية ووظيفتها .

2- أنواع الأحمال الموجودة في البناية .

3 - التخصيصات المالية للمشروع .

4 - كون البناية دائمية او وقتية .

5- توفر مواد التمديدات في الأسواق المحلية .

وقد تستخدم أكثر من طريقة في البناية نفسها إعتماداً على نوع الأحمال ، فمثلاً في الأبنية متعددة الطوابق ألتي تحتوي على أحمال كبيرة للتدفئة والتبريد يستحسن أن تؤسس أماكن الخدمات وخاصة في سرداب البناية (التسوية) بالتمديد الظاهر بإستخدام مماشي وحوامل الكيبلات والأسلاك. وكذلك في غرف لوحات التوزيع الرئيسية والمساعدة وغرف مولدات الطوارئ وأجهزة القدرة اللامنقطعة (UPS) والمختبرات وغيرها. أما في الأماكن الأخرى مثل غرف المكاتب والطوابق الخدمية فيجب أن يكون التمديد من النوع المخفي سواء بإستخدام الأنابيب المعدنية أو البلاستيكية وحسب إختيار المصمم بالتشاور مع صاحب المشروع . وخلاصة لأنواع طرق التمديد ومقارنةً بين المواد المستخدمة وسرعة التنفيذ تعطي الجداول (1-3، 1-4 ، 1-5) التالية تخمينا لمواد النقاط الكهربائية الخاصة بالإنارة وعدد النقاط التي ينجزها الفني الكهربائي خلال اليوم الواحد لغرض الإفادة والمقارنة.

جدول (1-3) تخمين مواد التمديد للنقطة الإعتيادية للإنارة مسلكة باسلاك معزولة بمادة كلوريد متعدد الفنيل (PVC) وموضوعة على البياض (التجصيص) مباشرةً .

المادة	الوحدة	النقطة القصيرة	النقطة المتوسطة	النقطة الطويلة
سلك نحاس معزول بالبلاستك(pvc) مزدوج عيار (1.5) ملم^2	متر طول	7	9	11
حاصرة(كلبس) المنيوم	عدد	50	60	80
مسمار 15 ملم(1/2 عقدة)حديد	عدد	50	60	80
خشب مدور 3 عقدة (75 ملم)	عدد	2	2	2
زر (5) امبير	عدد	1	1	1
وردة سقفية	عدد	1	1	1
ماسك مصباح نوع BC	عدد	1	1	1
مظلة حديد او بلاستك	عدد	1	1	1
سلك مرن قياس 14/0027 مزدوج	متر طول	1.5	1.5	1.5
لولب خشب عيار 6	عدد	4	4	4
لولب خشب عيار 8	عدد	2	2	2
مصباح 60-100 واط	عدد	1	1	1

عدد النقاط التي ينجزها كهربائي واحد زائد عامل واحد في اليوم الواحد (6) ستة .

جدول (1-4) تخمين مواد التمديد للنقطة الكهربائية المنفذة بانابيب معدنية (كانديوت)- ظاهر

المادة	الوحدة	النقطة القصيرة	النقطة المتوسطة	النقطة الطويلة
انبوب معدني (كانديوت)قطر 20 ملم مغلون	مترطول	7	9	11
سلك بلاستك عيار 1.5 ملم^2 مفرد	مترطول	15	20	25
عكس 20 معدني	عدد	1	1	1
سرج مفرد 20 ملم	عدد	20	25	30
كلاب انبوب20 ملم	عدد	2	2	2
لولب (1عقدة)رقم 6	عدد	40	50	60
جوي (فشر)رقم 6	عدد	40	50	60
علب مستديرة اعتيادية 20 ملم^2 ختامية , ذات شعب ثلاثة او مستقيمة اواي شئ ضمن العمل	عدد	1	1	1
اغطية لعلب الاتصال المستديرة	عدد	1	1	1
لوالب للاغطية رقم 2BA	عدد	2	2	2
غطاء علبة مستدير اعتيادي حديد	عدد	1	1	1
لولب حديد رقم 2BA	عدد	2	2	2
رابط مستقيم 20 ملم^2	عدد	1	1	1
رابط ذو شعب 20 ملم^2	عدد	1	1	1

عدد النقاط التي ينجزها كهربائي واحد زائد عامل واحد في اليوم الواحد (2) اثنان.

جدول (1-5) تخمين مواد النقطة الكهربائية الاعتيادية نوع الدفن منفذة تحت البياض (التجصيص) أوتحت الكونكريت (الخرسانة) .

المادة	الوحدة	النقطة القصيرة	النقطة المتوسطة	النقطة الطويلة
انبوب معدني (سيملس) دفن قطر 20ملم	متر طول	7	9	**11**
سلك بلاستك مفرد 1.5ملم^2	متر طول	15	20	**25**
كلاب انبوب 20ملم^2 فولاذ (صلب) معتدل	عدد	2	2	**2**
عكس 20ملم^2 ملائم للانبوب المعدني	عدد	1	1	**1**
زر 5A نوع دفن مع الصندوق	عدد	1	1	**1**
علبة اتصال مستديرة بدون غطاء	عدد	1	1	**1**
ماسك مصباح مستقيم او اعوج نوع BC	عدد	1	1	**1**
مصباح كهربائي 60-100 واط	عدد	1	1	**1**
لولب حديد رقم 2BA	**عدد**	**2**	**2**	**2**

عدد النقاط التي ينجزها كهربائي واحد زائد عامل واحد في اليوم الواحد (3) ثلاثة نقاط

ملاحظات

اولاً

النقطة القصيرة 7 متر تقريباً الدوائر الحكومية والمكاتب ومحلات العمل والدور السكنية

النقطة المتوسطة 9 متر تقريباً ردهات المرضى في المستشفيات والدور والمباني

النقطة الطويلة 11 متر تقريباً النوادي،المؤسسات الدراسية ، صالات الرياضية والممرات

ثانياً

يمكن إبدال أنابيب الكانديوت المعدنية بأنابيب بلاستك PVC Pipe قطر 20ملم عندها تستخدم سروج (مثبتات) بلاستيكية لغرض التثبيت وكذلك العلب والعكوس تكون جميعها من البلاستك, وهي الطريقة الأرخص ثمناً.

3-1 ألتمديدات الكهربائية للبنايات الكبيرة Large Buildings Electrical Installation

البنايات الكبيرة الحديثة التي تتكون من طوابق عديدة لا تحتاج فقط إلى قدرة كهربائية كبيرة لأغراض الإنارة ، لكنها تحتاج أيضا إلى خدمات كهربائية أخرى كبيرة مثل أجهزة التكييف والتهوية والمصاعد ومضخات الماء وغيرها . وقد تحتاج البناية في معظم الحالات إلى مصدر كهربائي للفولتية العالية إذا ما زادت القدرة المستهلكة فيها عن 250 كيلو واط. وفي هذه الحالة يستوجب إنشاء محطة ثانوية للتحويل داخل البناية أو خارجها. وفي العموم توضع هذه المحطة في الطابق الأسفل Basement أو سرداب البناية أو الطابق الأرضي أويتم إنشاءها في منطقة مناسبة خارج البناية . إلا أن هذا الأمر ليس قطعياً فأحياناً قد توضع المحطة في الطابق العلوي أوعلى سطحها في غرف خاصة إذا إقتضت الضرورة لذلك; كأن يكون مركز الحمل للتكييف المركزي ومعداته موضوعة على سطح البناية أو في الطوابق العلوية. كما يحتمل أن تكون أجهزة الطبخ الكهربائية ومكائن المصاعد ومبدلات الطاقة Converters موضوعة في الطوابق العلوية أيضاً. لذا يتم وضع المحطة الثانوية في الطوابق العلوية أو حتى في الطوابق الوسطية للبناية .

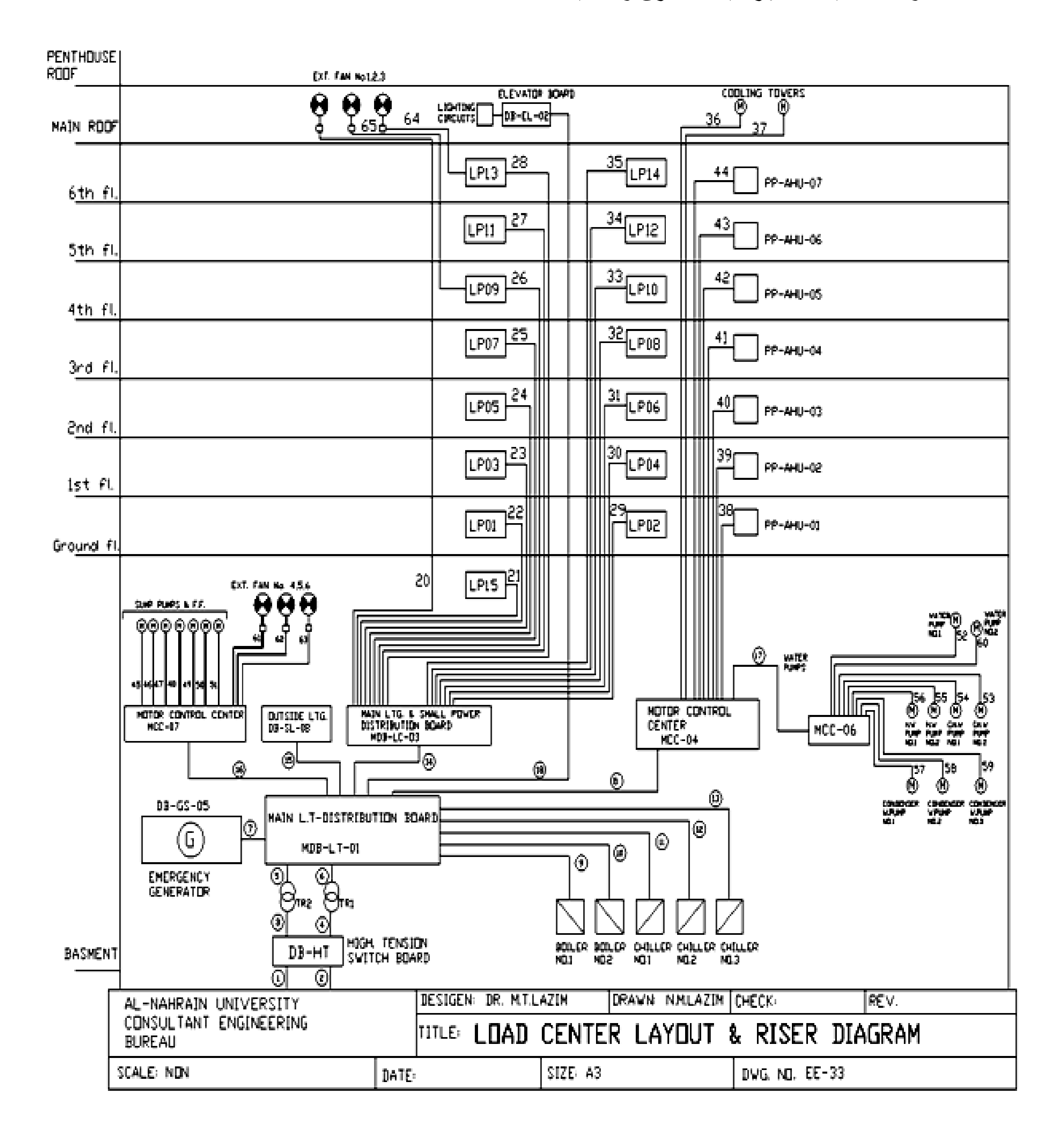
والهدف من ذلك هو إيصال الفولتية العالية إلى مركز الحمل جهد الإمكان لتقليل كلفة الكيبلات الكهربائية الناقلة لأحمال الفولتية المنخفضة التي تغذي أحمالا كبيرة. وفي حالة وضع المحطة على سطح البناية أو في الطوابق الأخرى يجب إستخدام محولات من النوع الذي لايستعمل فيه الزيت لغرض التبريد وإنما تستخدم محولات خاصة تبرد بسائل غير قابل للاشتعال مثل سائل الكلوفين Clophen أو إستخدام محولات من النوع الجاف Dry type ذات العازل الصمغي المصبوب Cast-resin . ويجب أن تكون جميع قواطع الدائرة وفواصل الفولتية العالية من النوع المفرغ من الهواء VCB ؛ ولا ينصح بإستخدام قواطع الدائرة الحاوية على الزيت أو تلك التي تستخدم غاز سادس فلوريد الكبريت SF6 في هذه المحطات. ويبين الشكل (1-9) بناية متعددة الطوابق مركزحملها في الأسفل.

1-3-1 نظام التغذية في البنايات الممتدة عمودياً

يعتمد نوع المنظومة في الأبنية الممتدة عمودياً على الأبعادالهندسية للبناية وعلى توزيع الأحمال الكهربائية الموجودة فيها. كذلك فإن إمتداد الطوابق على مساحة صغيرة أو كبيرة يحدد أيضا نوع التغذية في البناية. على أية حال يمكن تقسيم أنظمة التغذية في أية بناية الى نوعين رئيسيين :

- نظام التغذية العمودي Vertical Supply
- نظام التغذية الأفقي Horizontal Supply

في نظام التغذية العمودي يؤسس في البناية مغذي رئيسي صاعد Rising main يبدأ من الطابق السفلي وينتهي بالطابق العلوي شاقولياً ينفذ خلال الطوابق عن طريق فتحات في السقوف الكونكريتية



الشكل(9-1) بناية متعددة الطوابق مركز الحمل فيها في الأسفل .

بحيث تكون الفتحة نافذة شاقولياً من الطابق السفلي للبناية إلى الطابق العلوي وتعرف هذه الفتحات معمارياً بالمهابط أو المنافذ Shafts . وهذه المهابط إما أن تكون مستطيلة أو مربعة الشكل حسب أحجام الكيبلات المستخدمة في المغذي الرئيسي الصاعد. وقد يستخدم أكثر من مغذي رئيسي صاعد إذا دعت الضرورة لمجابهة متطلبات الأحمال الكهربائية الكبيرة في البناية . ويتم إختيار أماكن المهابط في البناية بالتنسيق مع المهندس المعماري في مراحل التصميم الاولي.

يصمم المغذي الرئيسي الصاعد في الأبنية ذات الإرتفاعات العالية بطريقتين :

1- مجموعة من الكيبلات متجاورة ومتوازية تثبت مباشرة على جدار المهبط Shaft بواسطة مثبتات وحاصرات معدنية أو بلاستيكية شديدة الصلابة وتغذي هذه الكيبلات لوحات التوزيع الثانوية في الطوابق من اللوحة الرئيسية للفولتية المنخفضة الموجودة في أسفل البناية وتستخدم هذه الطريقة إذا كانت الأحمال في الطوابق معتدلة بحيث يمكن نقل التيار اللازم إلى كل طابق بواسطة الكيبلات المتوفرة الأحجام ، أنظر الشكل (1-9) .

2- إذا كانت الأحمال في الأبنية الكبيرة مثل بنايات الأبراج والبنايات ذات الطوابق الكثيرة وتعذر إستخدام كيبلات أو أسلاك ذات أحجام كبيرة من التي يكون تثبيتها داخل المهابط صعباً جدا وغير اقتصادي ، عندئذ تستخدم منظومات التأطير Trunking system في التغذية وهي عبارة عن قضبان توزيع من النحاس أو الألمنيوم كبيرة المقطع معزولة توضع داخل حاوية بلاستك Bus trunking أو حاوية معدنية تدعى مسرب القضبان Bus duct أو تثبت القضبان على جدران المهبط مباشرة بواسطة عوازل خاصة وتدعى في هذه الحالة طرق القضبان Busways وتدعى المسارب وطرق القضبان هذه بالمغذيات الصاعدة Rising Mains وقد ينشأ في البناية مغذي صاعد واحد أو عدة مغذيات حسب عدد الطوابق وارتفاع البناية مثل الأبراج وناطحات السحاب،لاحظ الشكل (7-32) في الفصل السابع ، ويتم ربط الكيبلات الثانوية التي تغذي الطوابق إليها مباشرة إما بحماية أو بغير حماية (الشكل (1-10) والشكل (1-11)) ، وتوفر هذه الطريقة المزايا التالية :

أ- سهلة التنفيذ .

ب- رخيصة الثمن .

ج- مقدرتها على نقل سعات تيار أكبر بكثير من الكيبلات أو الأسلاك .

د- قلة الجهود المبذولة في الصيانة .

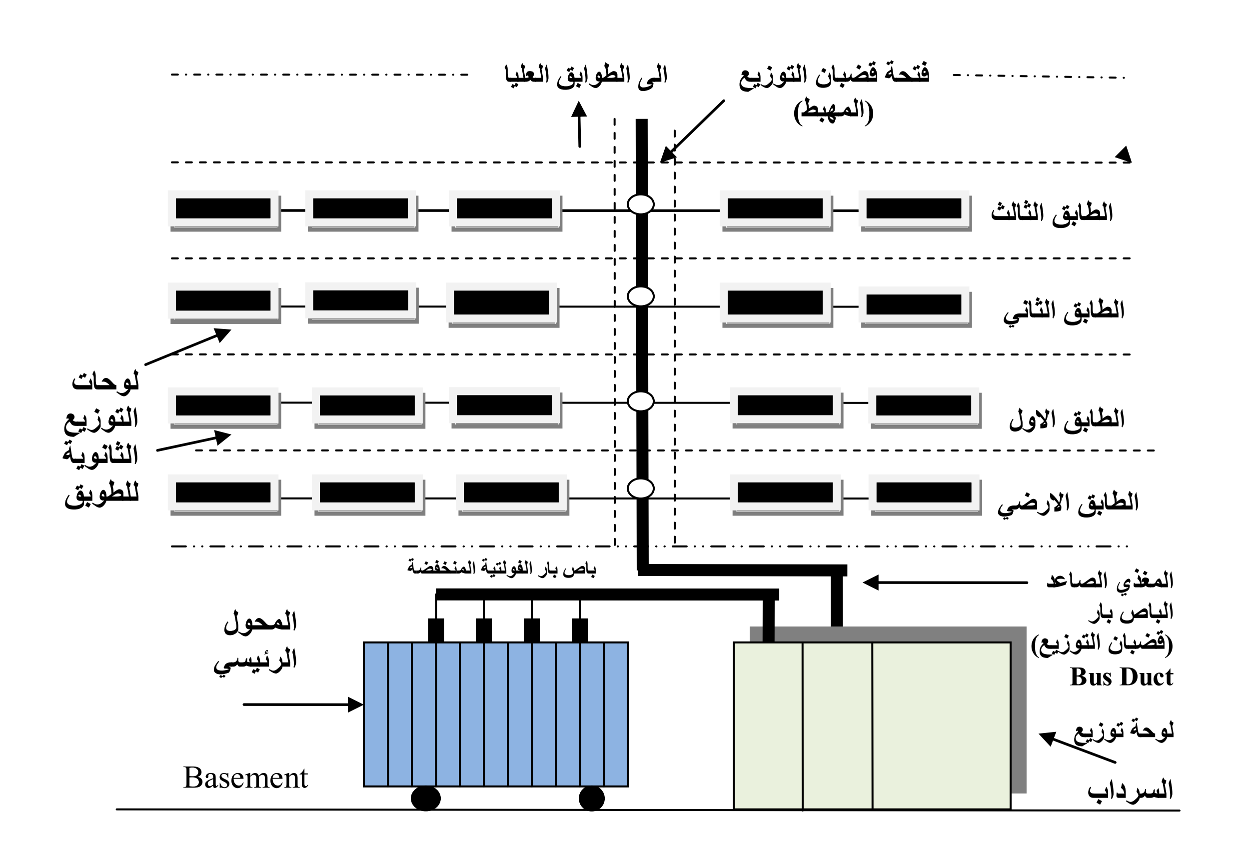
و- إذا كانت قضبان التوزيع عارية (غير معزولة) فان كمية الحرارة المتبددة تكون أكبر وبذلك تكون قابليتها على حمل تيار أعلى .

ويراعي في تصميم المغذيات الرئيسية الصاعدة آنفة الذكر دراسة الإجهادات الناجمة عن حالات أعطال قصر الدارة Short-circuit stresses من حيث التصميم الملائم لمسافة التباعد بين القضبان والمسافة بين القضيب الواحد والعازل الذي يثبته على الجدار والتوصيلات الخاصة بالتمدد الحراري لمعدنه والوصلات والروابط خلال القضيب الواحد.

2-3-1 متطلبات التغذية العمودية في البناية

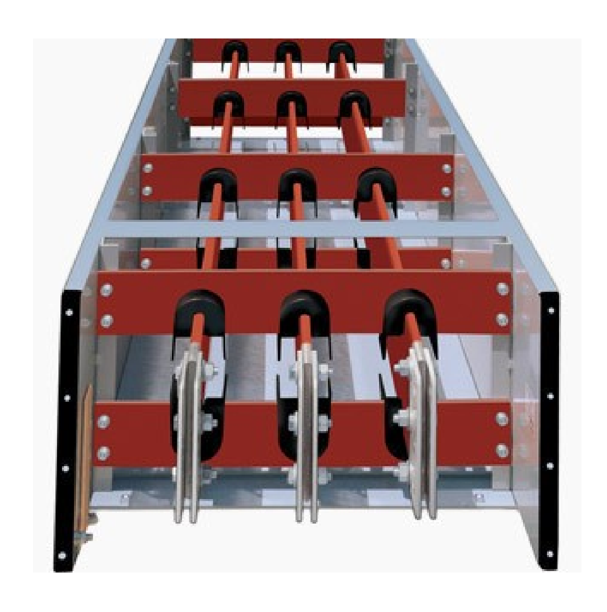
كما ورد سلفاً ، تتطلب التغذية العمودية في البناية منافذ عمودية Ducts أوما تسمى بالمهابط Shafts. ففي مرحلة تصميم التمديدات الكهربائية يستوجب دراسة كافة متطلبات الفراغات والأماكن الخاصة بصعود الكيبلات إلى الطوابق وأماكن اللوحات الرئيسية في البناية بالتنسيق مع المهندس المعماري. ويتم تعيين كافة الفتحات في السقوف وأماكن المهابط والإحتياجات الأخرى التي يقترحها المهندس الكهربائي تلافيا للتغييرات المكلفة في البناء التي قد تظهر لاحقا عند تنفيذ التمديدات الكهربائية.

إن المهابط ومسارات خطوط القدرة Run of power lines مهمة جداً . ويعتمد عددها وأماكن تنفيذها على إختيار نوع منظومة التغذية. أما أبعادها وأشكالها فتعتمد على عدد الكيبلات وأنوعها أو المغذيات الرئيسية الصاعدة. ويجب كذلك أن تتوفر فيها عوامل الأمان ضد انتشار الحرائق والدخان ، وأيضا عدم نقلها للأصوات والضجيج بين الطوابق. إضافة لكل هذا ، يجب إخبار مصمم البناية المعماري حول المنافذ اللازمة لكيبلات السيطرة والخدمات الثانوية { الهاتف (التليفون) ، منظومة الإنذار ضد الحريق، منظومة الإنترنيت ....الخ } أو ، إذا ما دعت الضرورة ، إلى أماكن صعود كيبلات الفولتية العالية . ويبين الجدول (1- 6) الأبعاد الدنيا Minimum dimensions اللازمة لفتحات الكيبلات أو المهابط.



الشكل(1-10) ألمغذي الرئيسي الصاعد Rising Main في الأبنية الممتدة عموديا .





(أ) مسارب قضبان التوزيع Bus Duct

دوائر فرعية

قضبان التوزيع

(المغذي الصاعد)

لوحة توزيع نهائية

مفتاح رئيسي

دوائر فرعية

لوحة توزيع نهائية

مفتاح رئيسي

قضبان التوزيع الأربعة
ثلاثة أطوار مع المحايد
3-phase + N

(ب) طريق القضبان Bus way

(ج) مثبت (حاصرة) كيبلات

الشكل(1-11) صور للمغذيات الرئيسية الصاعدة ومثبت للكيبلات.

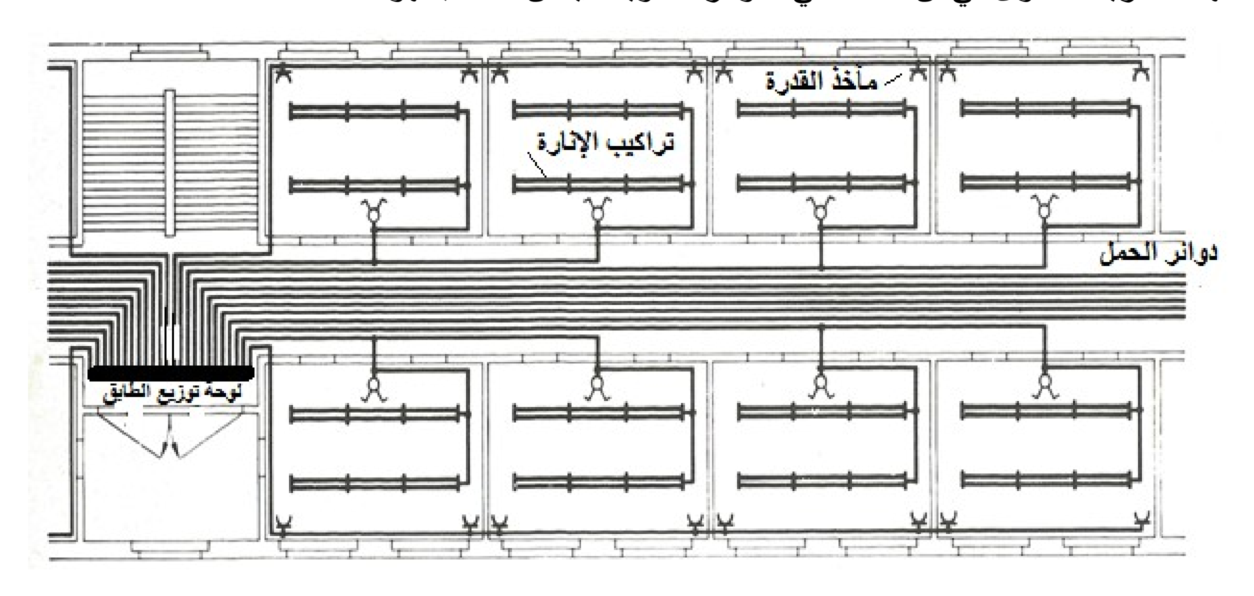
جدول (1- 6) الأبعاد القياسية للفتحات Ducts or Shafts المطلوبة لإحتواء الكيبلات الصاعدة في بناية متعددة الطوابق التي تستخدم نظام التغذية العمودي علماً أن عمق الفتحة العملي يتراوح بين 10سم - 15سم في الجدران والسقوف.

عدد الطوابق Number of Floors	مباني سكنية متعددة الطوابق	المستشفيات والمدارس	الأبنية الكبيرة ذات المكاتب والأقسام والمخازن
	عرض الفتحة للمغذيات الرئيسية أو الكيبلات / بالسنتمتر		
2	15	25	35
4	15	45	6
6	20	65	100
8	45	85	120
10	50	100	150
12	60	120	180
اكثر من 12	يتم حسابه وفق المتطلبات		

1-3- 3 نظام التغذية الأفقي

عندما تكون طوابق البناية ممتدة أفقيا وتتطلب حملاً كبيراً ، حينئذ يستوجب عمل الآتي :

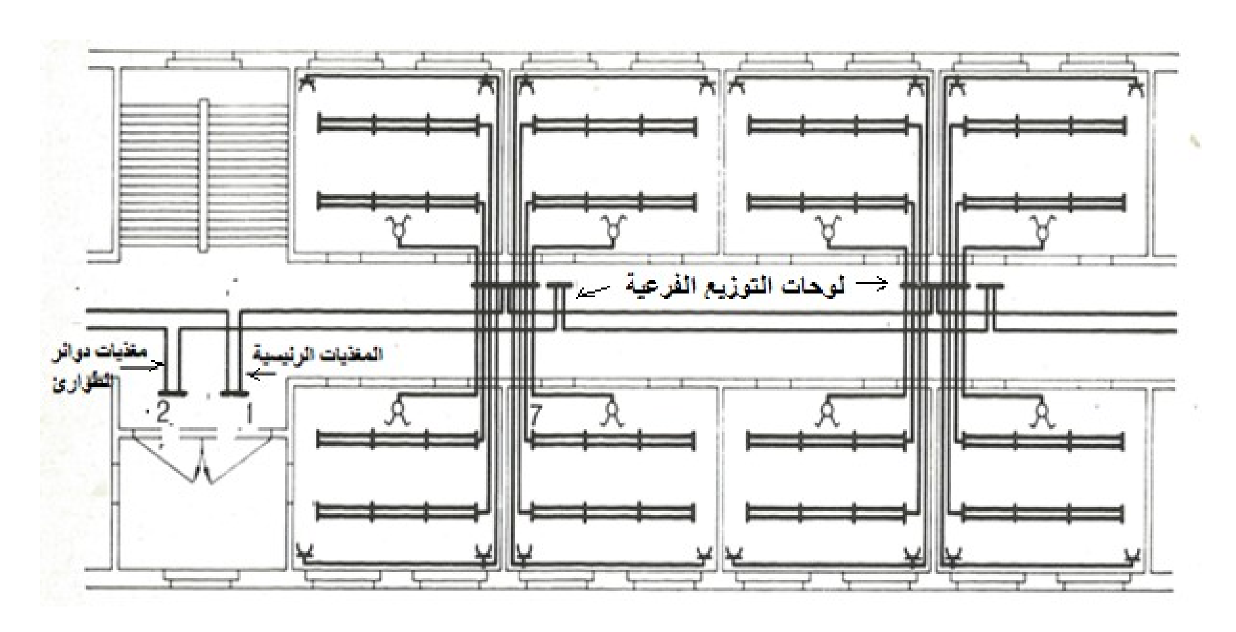
1- إذا كانت مساحة الطابق صغيرة فيتم نصب لوحة توزيع واحدة خاصة بذلك الطابق كما في الشكل (1- 12) وتسمى هذه الطريقة بطريقة التوزيع المركزية Centralized distribution system ، لهذه الطريقة مساوئ في ان العطل في الدوائر الثانوية لايمكن كشفه بسهولة.



الشكل (1- 12) طريقة التوزيع المركزية للتمديدات الأفقية Centralized distribution system.

2- إذا كانت مساحة الطابق كبيرة نوعا ما فيتم نصب عدة لوحات توزيع كهربائية ثانوية في أماكن متعددة في الطابق كلوحات التوزيع المتعددة الأغراض واللوحات النهائية للإنارة والمآخذ لتغذية دوائر الحمل .وتسمئ هذه الطريقة بطريقة التوزيع اللامركزية dcentralized distribution system . لاحظ الشكل (1-13).

والخلاصة ، انه في التمديد الأفقي فإن لوحات التوزيع الثانوية في الطابق إما أن تكون واحدة أو أكثر حسب متطلبات الحمل وأنواعه وإمتداد مساحة الطابق . ويقرر ذلك المصمم نفسه في مرحلة التصميم . وترتبط لوحات التوزيع الثانوية لكل طابق إما عن طريق المغذيات الصاعدة (الكيبلات) من لوحة توزيع الفولتية المنخفضة الرئيسية للبناية أو عن طريق ربطها مباشرةً بالمغذي الرئيسي الصاعد Rising main . وتطبق جميع الأنظمة القياسية الخاصة بنظام التغذية العمودي الوارد ذكرها في الفقرة السابقة نفسها على نظام التغذية الأفقي.



الشكل (1-13) طريقة التوزيع اللامركزية decentralized distribution system .

1- 4 لوحات التوزيع للفولتية المنخفضة L .V. Distribution Boards

تستخدم لوحات التوزيع الكهربائية في الأبنية والمنشآت لإغراض توزيع القدرة والسيطرة عليها بصورة علمية ومدروسة لضمان تحقيق إستقرارية تجهيز الطاقة وأمانها. وتختلف أحجام وأنواع لوحات التوزيع حسب تخصصاتها ووظائفها ومقادير الأحمال التي تسيطر عليها. ويمكن تقسيم ألواح التوزيع في البنايات المتوسطة والكبيرة على النحو الأتي :

- لوحات التوزيع الرئيسية للفولتية المنخفضة L.V. Main Distribution Board
- لوحات التوزيع الرئيسية المساعدة Aux. Main Distribution Boards

- لوحات التوزيع الثانوية Sub-Distribution Boards
- لوحات التوزيع النهائية (الختامية) Final Sub-distribution boards
- لوحات التوزيع الفرعية Branch distribution panels
- مراكز التحكم في المحركات الكهربائية Motor Control Centers (MCC)
- اللوحات التخصصية الاخرى Special use distribution boards

وسيتم التطرق إلى أنواع وتصاميم هذه اللوحات في الفصل السابع من هذا الكتاب بصورة مفصلة.

1- 5 تخمين الأحمال الكهربائية للبنايات الكبيرة

قبل الشروع بتصميم أية منظومة توزيع كهربائية لبناية أو حتى البدء بالترتيبات اللازمة لإمدادها بالطاقة الكهربائية ، نحتاج قبل كل شيء معرفة الحمل الكلي الذي تتطلبه البناية وتفاصيله وخواصه .

وفي كل الإحتمالات الواردة في ذهن المصمم فأن المعلومات التي تتوفر عن الأحمال الكهربائية للبناية في المراحل الاولى للتصاميم تعد معلومات عامة فقط وليست تفصيلية . إلا أن القرار في كيفية إختيار المصدر الضروري من التيار الكهربائي للبناية يجب أن يتخذ بعد إنجاز كافة التصاميم الكهربائية التفصيلية وحساب الإحمال الضرورية في المراحل النهائية للتصميم . لهذا الغرض يجب أن يتم تخمين الحمل المطلوب بصورة دقيقة بعد معرفة متطلبات الحمل للمساحات والأجزاء الخاصة بالبناية أو(المشروع) بوصف عام خطوة بعد خطوة .

إن الخطوة الأولى تبدأ بإنجاز تصاميم الإنارة المطلوبة للبناية وتسجيل حملها الكلي ثم إنجاز تصاميم مآخذ القدرة بأنواعها وتسجيل حملها وإدخال عوامل التباين Diversity Factors في حساب أحمالها . ومع أنه يمكن أن تتوفر معلومات أولية عن بعض فقرات الأحمال الكبيرة الأخرى مثل معدات التبريد والتدفئة والمصاعد والمحركات والمضخات المستخدمة في البناية إلا أن الإحصاء الكلي الناجز والصحيح لا يتم إلا في المراحل الأخيرة من التصميم بعد دراسة نوعية الأحمال ودوراتها وأوقاتها . ويقصد بدراسة نوعية الأحمال ودوراتها وأوقاتها مثلاً ، إذا كانت لدينا أحمال تبريد وتهوية فأنها تكون مطلوبة في فصل الصيف فقط في الأجواء الحارة ونحتاج أيضاً الى أحمال تدفئة في الشتاء . فلا يجب في هذه الحالة جمع النوعين من الأحمال في آن واحد وإنما يتم حساب تخمين الاحمال على أساس أخذ الحمل الأعلى فقط وقد يكون في هذه الحالة هو حمل التبريد الذي يسمى بحمل الصيف Summer load . ولا يدخل حمل الشتاء Winter load في تخمين الحمل الكلي إذا كان أقل من الأول والعكس بالعكس ؛ لأنه لا يمكن أن تشتغل منظومة التبريد والتدفئة في آن واحد خلال الفصل الواحد . كذلك فأن هناك معدات تبريد أو تدفئة يكون عملها كاحتياط Standby وهذه أيضا لاتدخل في تخمين الحمل الكلي وإنما تدخل المعدات العاملة فعلياً من المنظومة فقط .

قد تدعو الحاجة أن يطلب من المهندس المصمم إعطاء تخمين سريع لحمل البناية الكلي في المراحل الأولى لإعداد المشروع .عليه يجب إعتماد بعض التقريبات للحمل الكلي وهذه تعتمد على الخبرة والقرار المتوفرين لدى المصمم . وقد تظهر فروقات كبيرة جداً في تخمين الحمل الكلي بإستخدام طرق متعددة ومختلفة للتخمين . لذا يجب إجراء تدقيقات دورية وشاملة للحصول على الجواب النهائي الصحيح بعد الأخذ بعين الإعتبار تنامي الحمل المستقبلي للمشروع والتأكد من إستخدام عوامل التباين لبعض الأنواع من الأحمال .

يقاس الحمل الكهربائي كما هو معروف بالكيلواط kW أو الميغاواط MW وأيضا بالكيلوفولت أمبير kVA أوالميغافولت أمبيرMVA . وهناك بعض المصطلحات والعوامل الخاصة بالأحمال الكهربائية التي يجب على المهندس الكهربائي الإلمام بها وهي:

1- الحمل الكلي Total Load وهو مجموع الأحمال الكهربائية المغذاة من لوحة أو نقطة تغذية معينة .

2- الطلب Demand وهو متوسط الحمل لأي منشأ أو بناية خلال فترة زمنية محددة تعرف هذه الفترة بفترة الطلب Demand period.

3- عامل الطلب Demand Factor وهو النسبة بين الطلب الأقصى لأي منظومة إلى مجموع الأحمال المربوطة إليها . ويقصد بالمنظومة هنا هي مجموعة الاحمال المتشابهه ، مثل منظومة الإنارة أو منظومة التكييف وغيرها .

4- عامل الحمل Load Factor هو النسبة بين متوسط الحمل خلال فترة زمنية معينة وحمل الذروة Peak Load الذي يحدث خلال الفترة نفسها.

5- التباين Diversity وعامل التباين Diversity Factor وهو العلاقة بين أقصى حمل منفرد لمجموعة أحمال في منظومة إلى الطلب الأقصى لحمل المنظومة ككل . وعادة ما يؤخذ عامل التباين بين احمال مختلفة .

1-5-1 ألتباين وعامل التباين Diversity , Diversity Factor

يقصد بالتباين أو تباين الأحمال Load diversity هو الإحتمال الضئيل أن تشتغل هذه الأحمال جميعها في آن واحد . فعلى سبيل المثال لايمكن أن تكون جميع تراكيب الإنارة لمنزل معين منارة بصورة كاملة في وقت واحد . فإذا كان الحمل الكلي لإنارة المنزل مثلا 3000 واط قد يكون الحمل الفعلي هو فقط ثلثي هذا الحمل، أي 2000 واط . أي 66 % من الحمل الكلي . ويشار الى هذا الرقم كونه عامل التباين وفي بعض البلدان يسمى هذا الرقم بعامل التطابق Coincedence factor ومعكوسه يعطي عامل التباين الذي يكون اكبر من واحد، وكذلك يطلق عليه عامل التزامن Simultaniety factor – Ks أو عامل المواقته . أما في هذا الكتاب سنستخدم المصطلح عامل التباين الذي هو الأكثر شيوعاً . كذلك إذا كانت غرفة من غرف المنزل تحتوي أيضا على أربعة مآخذ قدرة (13 أمبير فما دون) فليس من المتوقع أن

تستخدم هذه المآخذ الأربعة في الوقت نفسه . لذلك يؤخذ عامل تباين مقداره 50% لهذه المآخذ . فأذا فرضنا أن معدل القدرة لكل مأخذ هو 150 واط (وهو المعدل الذي يؤخذ بصورة عامة للمآخذ من 13 أمبير فما دون في الدول الأوربية) وكان عددها في البناية 100 مأخذ (مثلا) وهذا يعني أن القدرة الكلية الظاهرية تكون100×150 = 15000 واط. أما إذا استخدمنا عامل تباين مقداره 50% لهذه المآخذ فستكون القدرة الفعلية : 15000 × (100/50)= 7500 واط .

على هذا الأساس فإن حمل الإنارة للبناية يعتمد على نوعيتها وإستخدامها . وقد لا يحدث أعلى حمل للإنارة في البناية الكبيرة في الوقت نفسه ، ويجب في هذه الحالة أخذ عامل تباين بحدود 66 % من الحمل الكلي المصمم للإنارة للمنازل والشقق السكنية. ويرتفع هذا الرقم في الفنادق والنوادي الى 80% من الحمل الكلي . أما في الأسواق والأبنية الحكومية والمدارس والجامعات حيث تكون الحاجة الى إنارة كاملة في أغلب الأوقات وفي زمن واحد تقريبا فيؤخذ عامل تباين في هذه الحالة بحدود 90 % .

مما يجدر التنبيه اليه وخاصةً بالنسبة للمهندسين المصممين الذين ليست لديهم خبرة واسعة في التصميم بأن استخدام عامل التباين للأحمال لا يتم فرضه بصورة عشوائية وتطبيقه على جميع أنواع الأحمال ، إنما يجب إستشارة خبراء التصميم أو الرجوع إلى الأنظمة والكودات الدولية القياسية التي تعطي في الغالب ضوابط وجداول في إستخدام عوامل التباين لكل الأنواع من الأحمال، ومن أشهر هذه الأنظمة هو النظام الدولي IEC والنظام البريطاني IET Regulations والنظام الأمريكي NEC وغيرها . فعلى سبيل المثال , لدوائر مآخذ القدرة 15 أمبير فأكثر لا يسمح في النظام البريطاني بإستخدام عامل تباين لها . وإذا تم إستخدام عامل تباين عشوائي فيكون على مسؤلية المصمم نفسه. على هذا الأساس يمكن تلخيص عوامل التباين المستخدمة في معظم الدول العربية والمبنية على النظام البريطاني أصلا وكما معطاة في الجدول (1- 7) .

كذلك يمكن استخدام الجدول (1- 8) للمرافق السكنية فقط والذي يمثل خلاصة الخبرة لدولة الإمارات العربية والمبني أساسا على خليط من النظامين البريطاني والدولي لغرض الفائدة . ويلاحظ في الفقرة 1- من هذا الجدول ، الخاصة بالإنارة ، أنه تم الفرض على ان تكون الدوائر النهائية للإضاءة التفريغية (التي تستخدم مصابيح التفريغ الغازي كالمصابيح الفلورية والزئبقية ومصابيح الصوديوم- راجع الفصل الثالث من هذا الكتاب) مرتبة بحيث تكون قادرة على حمل التيار الكلي المستقر لهذه المصابيح مع تياراتها التوافقية Harmonic currents. وإن لم تتوفر معلومات دقيقة عن هذه الأنواع من المصابيح فان الطلب بالفولت امبير يؤخذ على استناد ان القدرة المقننة للمصباح مضروبا في عامل لا يقل عن (1.8) . لقد أختير عامل الضرب هذا على اساس ان الدائرة تشتغل بعامل قدرة معدل لقيمة لا تقل عن 0.85 متأخر Lagging وبعد أخذ المفاقيد الكهربائية في اجهزة البدء والتحكم Starting and control devices بعين الإعتبار .

الجدول (1-7) عوامل التباين (التشتت)

نوع الدائرة الكهربائية	**نوع المنشأة أو المرفق**		
	منزلية / شقق سكنية	مبان تجارية / مكاتب	**فنادق / بيوت ضيافة**
1- إنارة	%66	**%90**	**%75**
2- قدرة وتدفئة	100% لغاية 10 أمبير + 50% من أي تيار يزيد عن 10 أمبير	100% × تيار أكبر جهاز + 75% × مجموع تيارات الأجهزة المتبقية	**%75**
3- أجهزة الطبخ	10 أمبير+30 % من أي تيار يزيد عن 10 أمبير	100% × تيار أكبر جهاز + 80%من تيار الجهاز الذي يليه في الكبر+60% × مجموع تيارات الأجهزة المتبقية	**100% × تيار أكبر جهاز + 80%من تيار الجهاز الذي يليه في الكبر+60% × مجموع تيارات الأجهزة المتبقية**
4- سخانات الماء ذات الثرموستات الإعتيادية	%100	%100	**%100**
5- سخانات الماء اللحظية	100% × تيار أكبر جهاز + 100%من تيار الجهاز الذي يليه في الكبر+25% × مجموع تيارات الأجهزة المتبقية	100% × تيار أكبر جهاز + 100%من تيار الجهاز الذي يليه في الكبر+25% × مجموع تيارات الأجهزة المتبقية	**100% × تيار أكبر جهاز + 100%من تيار الجهاز الذي يليه في الكبر+25% × مجموع تيارات الأجهزة المتبقية**
6- المحركات الكهربائية (عدا محركات المصاعد التي تخضع لإعتبارات خاصة)	غير قابل للتطبيق	100% × تيار أكبر محرك + 80%من تيار المحرك الذي يليه في الكبر + 60% × مجموع تيارات المحركات المتبقية	**100% × تيار أكبر محرك + 50% × مجموع تيارات المحركات المتبقية**
7- تدفئة أرضية	%100	%100	**%100**
8- مآخذ (مقابس) 13 أمبير مربوطة شعاعيا	%50	%70	**%75**
9- مآخذ (مقابس) 13 أمبير مربوطة حلقيا	100% من تيار أكبر نقطة + 40% من تيار كل نقطة إفادة أخرى	**100% من تيار أكبر نقطة + 50% من تيار كل نقطة إفادة أخرى**	
10- الأجهزة الثابتة	**%%100**		

جدول (1- 8) عوامل التباين النموذجية للمرافق السكنية لدولة الإمارات العربية

نوع الحمل	الحمل المفترض المربوط	عامل التباين (راجع الملحوظتين 3 و6 في أسفل الجدول)
1- إنارة	• مجموع الواط لجميع تراكيب الإنارة أو يحسب 100 واط لكل مخرج أو نقطة انارة عدا الثريات (النجفات) • يحسب لنقطة الثريا ما مقداره 500 واط في الأقل • نقاط المصابيح الفلورية (الفلورسنت) يحسب لها 1.8× الواط لكل تركيب	%75
2- مآخذ 13 أمبير	• 1000 واط للمأخذ الأول + 200 واط لكل مأخذ من المآخذ البقية (من ضمنها دوائر الحلقية للمآخذ في المطبخ)	%50
3- نقاط القدرة في المطابخ	• نقاط توصيل الآجهزة التي تنصب عموما في المطبخ (مثل الثلاجة ، الغسالة ، غسالة الصحون، المجففة،.....الخ) يحسب 1500 واط لكل نقطة • الطباخ الكهربائي : يحسب 3000 واط أو تقنين الفرن اذا كان معروفا • المجمدة : يحسب 300 واط أو قدرتها ان كانت معلومة	%50
4- نقاط القدرة الأخرى	• سخان الماء : 1500 واط أو القدرة الحقيقية ان كانت معلومة • المحركات : المضخات والمصاعد وغيرها تحسب قدراتها الحقيقية	%50
5- التكييف	• الاجهزة المفصولة Split units • الآجهزة الشباكية Window type • الآجهزة المركزية Central units (راجع الملحوظة رقم 5 تحت الجدول)	%90

الملحوظات :

1- قيم الاحمال المعطاة في الجدول أعلاه مبنية على اساس قيم لأجهزة و نقاط ربط نموذجية . واذا توفرت معلومات موقعية دقيقة ومعينة يجب ان تؤخذ بعين الإعتبار.

2- يجب ان يكون تخمين الحمل واختيار المقطع المناسب للكيبل للدوائر المغذية للمآخذ مبنية على اساس 1000 واط للمأخذ الأول + 200 واط لكل مأخذ من المآخذ الباقية ، أما المأخذ المزدوج فيعامل بوصفه مأخذين (فمثلا 5 مآخذ مزدوجة يكون حملها: 1000 واط + 9 ×200 = 2800 واط).

3- قيم عوامل التباين المعطاة في الجدول أعلاه هي للأبنية والمرافق السكنية ،إلا أن المصمم قد يستخدم قيم أخرى أعلى منها للمرافق التي تستخدم بكثافة اكبر مثل الأبنية والمطابخ التجارية أو قد يستخدم قيم أقل منها للمرافق الأقل للأستخدام البشري .

4- قد تستخدم عوامل تباين أخرى للوحات التوزيع الثانوية وكذلك لوحات التوزيع الرئيسية حيث يؤخذ في هذه الحالة 0.9 كقيمة نموذجية . كما أن الطلب المتوقع على مصدر التجهيز يكون 0.81 × مجموع أحمال لوحات التوزيع النهائية FDB المأخوذ عوامل تباين لها .

5- يتم أخذ عامل تباين 90% لأجهزة التكييف من النوع الشباكي والمنفصل ، أما النوع المركزي فيجب الرجوع الى تعليمات الشركة الصانعة في هذاالخصوص .
6- للأبنية والمرافق غير السكنية يتم تخمين عوامل التباين من قبل مصمم ماهر ذو خبرة في هذا المجال وباستخدامات المرفق أو البناية . أما بالنسبة للمكاتب والمحلات فيؤخذ عامل تباين 80%- 90% للإنارة ودوائر القدرة ، وبالنسبة للأجهزة الصناعية (المكائن ومضخات الماء ،وغيرها) فتتراوح عوامل التباين بين 20% إلى 100% إعتمادا على دورة الخدمة للمعدات .

2-5-1 الأحمال الكهربائية القياسية في البنايات الكبيرة

تتألف الأحمال الكهربائية في البنايات الكبيرة بصورة رئيسية من الأحمال القياسية النوعية الآتية :

1. أحمال الإنارة (Lightings Loads)
2. مآخذ القدرة الأعتيادية (2-13 أمبير) (وتسمى أيضا القدرة الطابقية Floor Power)
3. مآخذ القدرة المتخصصة (15أو16 أمبير فما فوق)
4. ألتدفئة والتهوية وتكييف الهواء –HVAC
(Heating, ventilating, and air conditioning)
5. ألمعدات الصحية (Sanitary Equipment)
6. ألمصاعد والأدرج المتحركة ومعدات الرفع
7. أجهزة الطبخ الكهربائية
8. ألأجهزة والمعدات المختبرية
9. أجهزة معالجة البنايات
10. معدات الأشعة السينية (X-Ray) ، إن وجدت .
11. ألأحمال الأخرى المختلفة Miscellaneous loads

حمل ألإنارة Lighting :

يكون حمل الإنارة بصورة عامة في معظم البنايات متعددة الطوابق كبيرا نسبيا في الوقت الحاضر ، حيث زاد التوجه في جميع أنحاء العالم وخاصة في السنوات الأخيرة إلى زيادة مستوى الإستنارة (شدة الإضاءة) للأماكن العامة والخاصة عن سابقاتها التي وضعت قبل سنة 1960 بسبب تعود العين البشرية على الضوء الإصطناعي . وحالما يتم إختيار المستويات الدنيا للإستنارة ونوع منظومة الإنارة يمكن عندئذ تخمين حمل الإنارة الأولي للبناية على أساس الواط لكل متر مربع . ويخمن معدل حمل الإنارة للأبنية الكبيرة من (35-65) واط لكل متر مربع حسب نوع البناية . فمثلا يكون بحدود (45-55) واط لكل مترمربع لأبنية المصارف (البنوك) والمكاتب والمعاهد والمدارس والجامعات . أما المتاجر والمولات وصالات العرض المتخصصة فيصل إلى 65 واط لكل مترمربع . وتجدر الإشارة الى أن أحمال الإنارة القياسية (واط/ م^2) الوارد ذكرها في أعلاه قد تغيرت بعد سنة 2000 بسبب إنتشار المصابيح الموفرة للطاقة بحيث اصبحت معدلاتها كما يأتي:

- المباني السكنية 15 واط/ م^2
- المكاتب 30 واط/ م^2
- المحلات والمولات الكبيرة 60 واط/ م^2
- المساجد والمدارس والصالات الكبيرة 30 واط/ م^2

إن تخمين حمل الإنارة بطريقة الواط لكل متر مربع الواردة سلفا هي طريقة سريعة ، لكن الطريقة المضبوطة هي أن يتم حساب حمل الإنارة كما يأتي:

- مجموع الواط لكل تراكيب الإنارة
- أو أفرض 100 واط لكل نقطة إنارة نوع تنكستن (توهجية)
- جميع أنواع تراكيب الفلورسنت الإعتيادية ومصابيح التفريغ الغازي : الواط ×1.8 (العامل 1.8 يؤخذ للتعويض عن مفاقيد أجهزة بدء التشغيل إن لم تكن معلومة)

أحمال مآخذ القدرة الآعتيادية (القدرة الطابقية) :

إن الطريقة السريعة لتخمين حمل المآخذ (13 أمبير فما دون) للبناية يتم على أساس (40-60) واط لكل متر مربع كمعدل وتختلف الأنظمة القياسية في تخمين حمل المأخذ الواحد (13 امبير فما دون) ، ففي الأنظمة الأوربية يحسب لكل مأخذ 150 واط ، بينما في النظام الأمريكي NEC يحسب معدل 180 واط لكل مأخذ ،أما بالنسبة للدول العربية فيحسب 200 واط لكل مأخذ كما ورد في الكود العربي لسنة 2005.
ويجب أيضاً أن نذكر بوجوب إستخدام عوامل التباين لأحمال هذه المآخذ التي تدعى عموماً بالقدرة الطابقية Floor Power ،والأحمال التي تتضمنها القدرة الطابقية هي الآلات والمعدات المكتبية مثل الطابعات الكهربائية والحاسبات الشخصية والحاسبات المكتبية والإنارة المنضدية وأجهزة التلفزيون والراديو والمسجلات وأجهزة المطبخ الصغيرة التي تستهلك أقل من 1000 واط .
أما الطريقة المضبوطة لحساب حمل المآخذ فيتم الرجوع الى الجدول (1-7) الفقرتين (8 و9) وحساب القدرة لها وفقا لإسلوب ربط المآخذ واستخداماتها في البناية .

أحمال مآخذ القدرة المتخصصة :

وهي المآخذ من عيار 15 أو 16 أمبير فما فوق التي ترتبط اليها أجهزه ذات قدرة أكثر من 1200 واط مثل أجهزة الإستنساخ وأجهزة التبريد ذات القدرات الواطئة (1.5 طن فما دون) وأجهزة التدفئة المتنقلة

ومسخنات الماء لحد 2500 واط. ويتم تخمين حمل هذه المآخذ في البناية في الطريقة السريعة على أساس 125 واط لكل متر مربع . ولا يسمح بأخذ عامل تباين لها في حالة معرفة أنواع الأجهزة والمعدات التي سوف تربط اليها. أما الطريقة المضبوطة فيتم حساب القدرة بالرجوع للجدول (1 – 7) الفقرة (10).

أحمال التكييف (التدفئة والتهوية والتبريد HVAC):

قد تشتمل البنايات الكبيرة على وحدات ومعدات التدفئة والتهوية والتبريد الآتية :

1. المراوح Fans
2. وحدات التهوية Unit Ventilators
3. وحدات التكييف الإنفرادية Individual A/C Unit : كالمكيف الشباكي Window Type أو المكيف المنفصل Spilt Unit أو المكيف الصندوقي Standing A/C Unit وغيرها من الأنواع الأخرى التي تتراوح قدراتها بين 1 كيلو واط – 7.5 كيلو واط .
4. وحدات التبريد والتدفئة المركزية Central Air Conditioning Units : وتكون وحدات التبريد المركزية على نوعين رئيسين :

- وحدات مدمجة Package Unit وتحتوي هذه في العموم على الآتي :

أ- ألمراوح Fans

ب- ألضاغطات Compressor

ج- ألمضخات Pumps

د- ألمسخنات (المدفئات) Heaters

- وحدات منفصلة للتبريد والتدفئة Chillers & Boilers تتألف من :

- وحدات التثليج Chillers وتتكون من :

أ- ألضاغطات الخاصات بالتبريد Compressors

ب- ألمحركات الكهربائية Electric Motors

ج- مضخات تدوير الماء المثلج Chilled Water Circulating Pumps

د- دافعات الهواء Air Handling Unit (AHU)

- وحدات تسخين الماء Boilers

وهذه الوحدات إما أن تكون كهربائية أو تعمل على مشتقات النفط فإذا كانت وحدات التسخين كهربائية تكون قدرتها في العموم أقل من قدرات وحدات التثليج .

- مضخات تدوير الماء الحار Hot Water Circulating Pumps

في الغالب يحسب ما معدله 300 واط للمتر المربع الواحد من مساحة البناية الكلية لأغراض التدفئة والتهوية والتبريد حصراً.

أحمال المعدات الصحية Sanitary Equipment Load :

يساهم حمل المعدات الصحية مساهمة معتدلة في مجمل الحمل الكلي للبناية ، ومن أهم المعدات الصحية التي تسهم بصورة فعالة في الحمل :

أ- المضخات الغاطسة Sump Pumps

ب- مضخات التدوير Circulating Pumps

ج- قاذفات المياه الثقيلة للمجاري Sewage Ejectors

د- منظومات مياه الشرب Cold Water Systems

هـ- الضاغطات Compressors

و- مضخات الحريق Fire Pumps

ويحسب عادة ما مقداره (50 – 60) واط للمتر المربع لهذه الأحمال في البلدان المعتدلة المناخ مثل سوريا والأردن و مصر وشمال العراق ولبنان واليمن ودول المغرب العربي .أما البلدان الحارة مثل وسط وجنوب العراق ودول الخليج فتحسب كما يأتي:

- المنازل والشقق 65 واط/ م^2
- المكاتب 70 واط/ م^2
- المحلات 90 واط/ م^2
- المولات الكبيرة 80 واط/ م^2
- المساجد والمدارس 120 واط/ م^2
- الصالات 125 واط/ م^2

أحمال ألمصاعد والأدرج المتحركة ورافعات المواد :

هذه المواد عموماً توجد في الأبنية المتعددة الطوابق والمستشفيات والأبنية التجارية وتتضمن الآتي :

أ- ألمصاعد الكهربائية Elevators

ب- ألأدرج المتحركة Moving stairs

ج- ألأحزمة الناقلة Conveyors

د- ألروافع الكهربائية Hoist and Lifts

والعوامل الرئيسية المؤثرة في إختيار سعة هذه المعدات هي السرعة والوزن المراد رفعه. ويحسب لها حمل تخميني مقداره 250 واط للمتر المربع للأبنية الكبيرة و 100 واط للمستشفيات والمدارس. أما في الأبنية السكنية التي تحوي مصعد واحد مثلا فيكون حمل المصعد حسب استيعابه لعدد الأشخاص ، وفي العموم يفرض حمل (15 – 25) كيلواط للمصعد الواحد .

أحمال أجهزة ومعدات المطابخ Kitchen Equipment :

تكون أجهزة ومعدات الطبخ على نوعين:

أ- كهربائية.

ب- مختلطة (غاز /كهرباء).

أما الحمل المخمن لها فيتراوح بين (70-80) واط لكل متر مربع وقد يصل حمل المطابخ الكلي في الأبنية الكبيرة مضافا إليه أجهزة تسخين الماء الحار إلى 50 كيلوواط.

أحمال أجهزة معالجة البيانات :

كانت أجهزة معالجة البيانات في السابق ضخمة وكبيرة بحيث يحسب لها حساب بالنسبة للقدرة التي تستهلكها . أما الآن فإن هذه الأجهزة أصبحت إعتيادية كالحاسبات الشخصية والطابعات ومنظومات الإنترنيت ؛ وفي العموم يحسب لها حوالي (50-60) واط للمتر المربع .

أحمال أجهزة الاشعة السينية X-Ray Equipment :

مع أن هذه الأجهزة هي خاصة بالمستشفيات ، إلا أنها قد تكون موجودة في بعض البنايات الحكومية أو المكتبية والمختبرات على نطاق ضيق. ومما تجدر ملاحظته هو أن هذه الأحمال تكون آنية ، وتسلط الحمل على منظومات التوزيع لثواني معدودة من الزمن . لذا يؤخذ لها عامل تباين مقداره 10% في الغالب. ويحسب لها حمل مقداره 200 واط للمتر المربع في الأبنية وخاصةً المستشفيات.

ألأحمال الأخرى المختلفة Miscellaneous loads :

تتألف هذه الأحمال من بقية المنظومات الكهربائية ألأخرى مثل منظومات الإنذار للحريق والمنظومات الأمنية والكامرات المغلقة وغيرها.وهذه الأحمال يحسب لها 10 واط/ م^{2}تقريبا.

عوامل الطلب

إن قيم الأحمال التي مر ذكرها هي للأحمال المربوطة فعلاً ، وعندما يتم تخمين الطلب الحقيقي النهائي Final demand وأخذ عوامل التباين بعين الإعتبار فان مغذيات البناية الرئيسية وخدمات التوزيع الأخرى مثل المحطة الثانوية وغيرها يتم اختيار حجمها بأقل من متطلبات الحمل الحقيقية التي هي عبارة عن مجموع قدرات الأحمال المربوطة الى اللوحات الرئيسية والفرعية . وفي مايلي قيما نموذجية لبعض عوامل الطلب Demand factors ،عدا الإنارة، لخدمات بناية اعتيادية.

القدرة الطابقية (المآخذ الأعتيادية)	**50٪**
التبريد والتدفئة والمعدات الصحية	**85٪**
المصاعد	**50٪**
المعدات المختبرية	**25٪**
أجهزة الأشعة السينية	**10٪**

نسب الأحمال وعوامل التباين للأبنية الكبيرة (عدا السكنية)

تتراوح عوامل التباين في الأبنية الكبيرة من 60 الى 80 بالمائة إعتماداً على نوع البناية وأنواع المعدات المستخدمة. أما ما تشكله الأحمال الرئيسية بالنسبة المئوية لبناية مكاتب متعددة الطوابق Office building مثلا، فيبين الجدول (1- 9) النسب المئوية للأحمال مأخوذة كمعدل من أحصائية عدد كبير من الأبنية النموذجية في دول العالم وكذلك عومل التباين المعتمدة لحساب القدرة الكلية.

جدول (1- 9)

نوع الحمل الجزئي للبناية	النسبة من الحمل الكلي	عامل التباين
الإنارة	٪35	0.90
التدفئة والتهوية والتبريد HVAC	٪40	1.00
المصاعد Lifts	٪20	1.00
معدات القدرة والمحركات	٪5	0.65

و بالنسبة للمستشفيات تكون نسبة الأحمال وعوامل التباين كما في الجدول (1- 10) التالي للفائدة:

جدول (1-8)

نوع الحمل	**النسبة من الحمل الكلي**	**عامل التباين**
الإنارة	**٪25**	**0.9**
التدفئة والتهوية والتبريد	**٪15**	**1.0**
المطابخ	**٪10**	**0.6**
أجهزة التعقيم	**٪10**	**0.4**
المكوى (الغسيل والكوي- اللوندري)	**٪5**	**0.6**
المصاعد	**٪15**	**1.0**
الأجهزة الطبية والأحمال الاخرى	**٪20**	**0.6**

كذلك يبين الجدول (1 – 11) التالي تخميناً سريعاً للقدرة الكلية المطلوبة بالكيلوفولت أمبير لأبنية المستشفيات إعتماداً على عدد الأسرة:

جدول (1- 11)

مستشفى ذات سرير/ عدد	**50**	**100**	**200**	**300**	**400**	**500**	**600**	**700**
القدرة المطلوبة (kVA)	**150**	**225**	**360**	**450**	**500**	**550**	**650**	**700**

ونحيط علم القارئ الى ان المستشفيات لها وضعها الخاص من حيث التصاميم وينصح بمراجعة الكتب الخاصة بالمواصفات والكودات (اساليب التنفيذ) لهذه المنشآت المتخصصة.

ويبين الجدول (1- 12) التالي قيماً لأحمال نموذجية قد تسهم في مساعدة المهندس المصمم في التخمين الأولي للحمل الكلي للبناية وفي حالة التدقيق النهائي .

جدول (1- 12) القدرة الكهربائية التقريبية للأجهزة والمعدات الكهربائية الخدمية في الابنية.

Residential Appliance الاجهزة الخدمية					
نوع الجهاز	**القدرة (واط)**	**نوع الجهاز**	**القدرة (واط)**	**نوع الجهاز**	**القدرة (واط)**
1- جهاز تبريد (غرفة)		**11- راديو**	**30**	**23-الفرن الكهربائي**	
• **0.5 طن**	**880**	**12- جهاز استقبال للاقمار**	**30**	• **اعتيادي**	**2000**
• **0.75 طن**	**1220**	**الصناعية Reciever**		• **مايكرويف صغير**	**1150**
• **1 طن**	**1540**	**13- مسجل صوتي**	**95**	• **مايكرويف متوسط**	**2000**
• **1.5 طن**	**2400**	**14- المراوح**			
• **2 طن**	**3000**	• **سقفية 52 عقدة**	**240**	**24- منشار كهربائي**	
		• **سقفية 36 عقدة**	**120**	• **صغير(Jigsaw)**	**0.5حصان**
2- سخان ماء صغير	**1400**	• **مخلية هواء 12 عقدة**	**75**	• **دائري**	**3 حصان**
3- سخان ماء كبير	**3000**	• **مروحة منضدية**	**50**	**26- جهاز لحام كبير**	**7500**
4- مجمدة طعام	**لحد460**	**15 مطهات كهربائية**	**1000**	**27-جهاز لحام صغير**	**1500**
5- ثلاجة		**16- منشف شعر**	**600**	**28- كوسرة (خراشة)**	**0.75 حصان**
• **كبيرة**	**475**	**17- ماكنة خياطة**	**75**	**29- طباخ كهربائي**	**8000**
• **صغيرة**	**230**	**18- ماكنة حلاقة**	**11**	**30-غسالة صحون**	**500**
6- مسخنة طعام	**300**	**19- ابريق الشاي**	**550**	**31- فرن طبخ كبير**	6000
7- تلفزيون		**20- مكنسة كهربائية**	**600**	**32-ساعة كهربائية**	
• **اسود وابيض**	**275**	**21- غسالة**		**جدارية**	**2**
• **ملون عادي**	**500**	• **اعتيادية**	**380**	**33- مدفئةحمام جدارية**	**1500**
• **نوع LCD أو**	**100**	• **أوتوماتيكية**	**400**		
LED					
8- المدفئات				**34- مضخة غطاسة**	300
• **مدفئة زيتية**	**2500**			**Submersible pump**	
• **مدفئة تنكستون**	**لحد2200**	**22- الحاسبات :**		**35- مضخة ماء**	**0.25 حصان**
		• **شخصية منضدية**	**330**	**36- مبردة هواء**	300
9- خلاط طعام	**275**	• **الطابعة**	**500**	**37- جهاز عرض الاشعة**	**120**
		• **المونيتر(الشاشة)**	**300**	**الجداري**	
		• **شاشة LCD**	**80**		

تابع الجدول (1 – 12) (أجهزة الأشعة السينية X-Ray Equipment)

الاستخدام		القدرة (kVA)
1- الأجهزة البسيطة	Simple radiography and fluoroscop	60
2- الأجهزة المتطورة	Advanced radiography and fluoroscopy	150
3- أجهزة غرف العمليات	Operating room radiography	75
4- أجهزة الأشعة الراديوية	Cystoscopic room radiography	125
5- أجهزة غرف الطوارئ	Emergency (and / or)room radiography	150
6- الأجهزة المتخصصة	Special procedures radiography and fluoroscopy	150
7- الأجهزة الخاصة بالقلب	Cardiology and fluoroscopy	135
8- أجهزة الاشعة المتنقلة	Portable equipment	25

مثال 1- 1 :

استخدم الجدول (1-7) لتخمين حمل منزل سكني يعمل بفولتية 230 فولت ، 50 هرتز يحتوي على الأحمال الكهربائية التالية :

- 2عدد دائرة إنارة تحتوي كل منها على 10 نقاط انارة
- 3عدد دائرة حلقية لمآخذ 13 أمبير كل دائرة محمية بقاطع 30 أمبير MCB
- 1 عدد دائرة مآخذ 13 أمبير شعاعية محمية بقاطع 20 أمبير نوع MCB
- طباخ كهربائي 12 كيلوواط
- 1 عدد سخان كهربائي سعة 3كيلوواط من النوع الذي يعمل باستمرار
- 1 عدد سخان كهربائي لحظي سعة 10 كيلوواط
- 4 عدد أجهزة تكييف سعة 1.5 طن لكل منها

الحل:

(1) ألإنارة : تحسب 100 واط لكل نقطة أي 2×10×100 = 2000 واط

من الجدول 1-7 (الفقرة -1 ، العمود الثاني) يكون عامل التباين للإنارة المنزلية هو 66% ، لذا يكون حمل الإنارة بالأمبير :

$$2000/230 = 8.69 \times 66\% = 5.73 \text{ A}$$

(2) دوائر المآخذ الحلقية : من الجدول 1-7 (الفقرة -9 ، العمود الثاني) يكون حساب تيار الدوائرالحلقية الثلاث للمآخذ كالآتي ،

$$30 + \frac{2x30\ x40}{100} = 54\ \text{A}$$

(3) دائرة المآخذ الشعاعية : من الجدول 1-7 (الفقرة 8، العمود الثاني) يكون حساب تيار الدائرة الشعاعية بعامل تباين 50% ، لذا فان ،

$$20\text{x}(\ 50/100) = 10\ \text{A}$$

(4) الطباخ الكهربائي :

$$\frac{12\,000}{230} = 52\ \text{A}$$

من الجدول 1-7 (الفقرة 3، العمود الثاني) يكون حساب تيار الطباخ:

10أمبير+30 % من أي تيار يزيد عن 10 أمبير ، لذا يكون

$$10 + 42 \times 30\% = 22\ \text{A}$$

(5) السخان الكهربائي المستمر :

$$\frac{3000}{230} = 13\ A$$

من الجدول (1- 7) – الفقرة (4) العمود الثاني لا يؤخذ عامل تباين للطباخ الكهربائي.

(6) سخان الماء اللحظي :

$$\frac{10000}{230} = 43.47\ A$$

من الجدول (1- 7) – الفقرة (5) العمود الثاني ، لسخان ماء لحظي واحد يؤخذ التيار 100%.

(7) اجهزة التكييف - عدد 4

من الجدول (1-12) لجهاز تكييف سعة 1.5 طن تكون قدرته 2400 واط لذا فإن للأجهزة التكييف:

100% لغاية 10 أمبير + 50% من أي تيار يزيد عن 10 أمبير(من الجدول (1- 7) – الفقرة (5) العمود الثاني) ،

$$\frac{2400}{230} + \frac{3\text{x}2400}{230}\text{x}\frac{50}{100} = 10.43 + 15.6 = 26\ A$$

بذلك يكون التيار الكلي التخميني للمنزل

$$5.73 + 54 + 10 + 22 + 13 + 43.47 + 26 = 174.2A$$

أي أن الحمل المخمن المطلوب بالكيلواط يكون : 174.2x230 = 40 kW.

مثال1 -2 :

يبين الجدول في ادناه الأحمال المطلوبة لمحل تجاري (مخبز ومعجنات)، إحسب الحمل الكهربائي الكلي للمحل بالطريقة المضبوطة علما أن نظام التغذية فيه هو ثلاثة أطوار + المحايد بفولتية خط 400 فولت .

إنارة بمصابيح تفريغ غازي	**المجموع = 4 كيلواط**
إنارة بمصابيح تنكستون إعتيادية	**24 نقطة**
مآخذ قدرة 13 أمبير مربوطة حلقيا	**3×30 أمبير**
سخان ماء ذي ثرموستات	**4×2.5 كيلواط**
سخانات ماء لحظية	**3×10 كيلواط**
طباخ كهربائي	**3 × 4 كيلواط**

الحل : نحسب التيار التصميمي الكلي للمحل وكالآتي :

- التيار التصميمي لمصابيح الإنارة ذات التفريغ الغازي : من جدول (1-8) الفقرة (1) :

جميع أنواع تراكيب الفلورسنت الإعتيادية ومصابيح التفريغ الغازي : الواط × 1.8

ونأخذ أيضا بعين الإعتبار عامل التباين (التشتت) : من الجدول (1- 7) – الفقرة (1) – العمود الثالث (مباني تجارية) ، عامل التباين = 90% ، لذا يكون التيار الكلي لمصابيح التفريغ الغازي ،

$$I = \frac{1.8x4x1000x90\%}{230} = 28.17\ \text{A}$$

- التيار التصميمي لحمل الإنارة للمصابيح الإعتيادية (يحسب 100 واط لكل نقطة مع عامل تباين 90%):

$$I = \frac{Watts\ x\ 90\%}{V\ cos\varphi} = \frac{100x24\ x90\%}{230x1} = 9.39A$$

- مآخذ القدرة 13 أمبير المربوطة حلقيا : من الجدول (1- 7) الفقرة (9) العمود الثالث نجد عوامل التباين (التشتت) التي يحسب بموجبها التيار الكلي الاتي :

$$I = 30x100\% + 30\ x\ 50\% + 30x50\% = 60A$$

- سخان الماء ذي الثرموستات : من الجدول (1- 7) – الفقرة (4) العمود الثالث واعتبار عامل القدرة =1 :

$$I = \frac{4x2.5x1000}{230x1} = 43.48\ A$$

- سخانات الماء اللحظية : من الجدول (1- 7) – الفقرة (5) العمود الثالث واعتبار عامل القدرة =1 :

$$I = \frac{10x1000x100\%}{230x1} + \frac{10x1000x100\%}{230x1} + \frac{10x1000x25\%}{230x1} = 97.83\ A$$

- الطباخات الكهربائية : من الجدول (1- 7) – الفقرة (3) العمود الثالث واعتبار عامل القدرة =1، يكون التيار لطباخ كهربائي واحد :

$$I = \frac{4x1000}{230x1} = 17.39\ A$$

وبأخذ عوامل التباين بعين الإعتبار يكون التيار المسحوب من قبل الطباخات الثلاثة :

$$I = 17.39x100\% + 17.39x80\%\ 17.39x60\% = 41.74\ A$$

لذا يكون التيار التصميمي الكلي المطلوب :

$$I = 41.74 + 97.83 + 43.48 + 60 + 9.39 + 28.17 = 280.61A$$

وهذا التيار للأطوار الثلاثة ، أما التيار لطور واحد فيكون :

$$I_b = \frac{280.61}{3} = 93.54\ A$$

ويكون الحمل الكهربائي الكلي للمحل بفرض عامل قدرة = 1

$$P = \sqrt{3}\ xIxV\ cos\emptyset = 1.732x93.54x400x1 = 64800\ \text{Watts}$$

مثال 1- 3 :

خمن بالطريقة السريعة الحمل الكهربائي المبدئي لعمارة سكنية تتكون من اربعة طوابق وكل طابق يحتوي على ثلاثة شقق مساحة كل شقة 140 متر مربع آخذا بعين الإعتبار وجود مصعد كهربائي واحد قدرة 15 كيلواط ومضخة ماء كهربائية لكل شقة قدرة 0.4 كيلواط .

الحل : يتم تخمين الأحمال الكهربائية المبدئية للبناية بالطريقة السريعة على أساس الكيلواط لكل متر مربع ولكل شقة إستنادا الى ماورد في الفقرة 1 – 5 – 2 وكالآتي :

- أحمال الإنارة = مساحة الشقة × حمل الإنارة (واط/ متر مربع) = 140 × 15 = 2100 واط (على فرض استخدام مصابيح موفرة للطاقة).
- أحمال المآخذ = 140 × 50 = 7000 واط (على فرض 50 واط / متر مربع)
- أحمال التكييف = 140× 65 = 9100 واط (على فرض 65 واط / متر مربع)
- حمل المضخة = 400 واط
- الحمل الكلي للشقة = 2100+7000+9100 +400= 18600 واط
- الحمل الكلي لجميع الشقق = 3 شقة×4 طابق × 18600=223200 واط
- الحمل الكلي للبناية = حمل الشقق + حمل المصعد = 223200+15000 = 238200 واط

هذا هو الحمل الكلي للبناية بدون أخذ عوامل التباين بعين الإعتبار ، أما إذا خذنا عامل تباين للإنارة المنزلية 66% وعامل تباين لمآخذ القدرة 50% فسيكون الحمل الكلي للشقة الواحدة :

2100×(0.66)+ 7000 × (0.5) +9100 +400 = 14386 واط

ويكون الحمل الكلي للبناية = 14386 × 12 + 15000 = 187632 واط

مثال 1- 4 : هذا المثال مختلف في تخمين الأحمال يعتمد على النظام الأمريكي - للفائدة

خمن الحمل الكلي لمنزل صغير مساحته الكلية 140 متر مربع آخذاً بعين الإعتبار جميع الخدمات الضرورية المتوفرة في المنزل الحديث.

الحل :

لكي نبدأ بتخمين الحمل الكلي للمنزل يجب حسابه من الدوائر الفرعية وفق التقسيم التالي:

(1) دوائر ذات الأغراض العامة :

تخدم هذه الدوائر الإنارة ومآخذ القدرة الإعتيادية في كل الأماكن عدا تلك التي في المطبخ والمكوي وغرفة الطعام وغرفة المعيشة. بصورة عامة يمكن أن تؤخذ سعة الدوائر على أساس (40-50) واط للمتر المربع وباستخدام قيمة متوسطة ، قل 45 واط/ متر المربع :

45 واط /متر المربع × 140 = 6300 واط ....(1)

(2) دوائر الاجهزة الصغيرة : وتخدم هذه الدوائر مآخذ القدرة الإعتيادية في المطبخ والمكوي وغرفة الطعام وغرفة المعيشة. والحمل على كل دائرة يمكن أن يفرض 1500 واط أو 2000 واط.وبأستخدام الرقم العالي الذي هو 2000 واط ؛ وبفرض وجود دائرتين لتغذية هذه الأجهزة:

= دائرتين × 2000 واط

= 4000 واط

وبفرض أن هذا الحمل لا يكون جميعه في الوقت نفسه على هاتين الدائرتين. لذا ولأجل تحديد متطلبات الخدمة لهما يمكن أن نستخدم الجدول (1-7) بحيث أن أول (10) أمبير (3000 واط تقريبا) تعمل 100٪ والباقي 50 ٪ من السعة المتبقية عليه يكون :

3000 واط × 100 ٪ = 3000 واط

(4000 - 3000) × 50٪ = 500 واط

= 3500 واط ....(2)

(3) دوائر الأجهزة الثابتة : وتخدم هذه الدوائر الأجهزة ذات الخدمة الثقيلة Heavy- Duty التي تحتاج أيا منها إلى دائرة منفصلة خاصة بها مثل السخانات الكهربائية (بحدود 3000 واط) والمدفئات (2500 واط فما فوق) ......الخ بإعتبار أن هذه الأجهزة لا تعمل جمعيها في آن واحد (إلا أن معدل إستهلاكها للقدرة يكون بحدود 8000 واط للأجهزة النموذجية إن لم تتيسر بيانات مضبوطة عنها) . وتحسب قدرات الأجهزة الثابتة (عدا أجهزة التدفئة والتبريد) على أساس عامل طلب قدره 75% وكآلاتي:-

المجمدة والثلاجة	650 واط
غسالة الصحون	1500 واط
مجففة ملابس	5000 واط
مسخن الماء	3000 واط
أجهزة الورشة	1500 واط
	11650 واط

= 11650 × 75% = 8737 واط

وعند حساب حمل التدفئة والتبريد فيؤخذ الحمل الأعلى فمثلا إذا كان حمل التبريد أكبر يؤخذ هذا الحمل ويهمل حمل التدفئة والعكس بالعكس . وإذا إفترضنا في حالتنا هذه أن حمل التبريد أعلى من التدفئة وقدره 7000 واط عندئذ يكون الحمل الكلي للأجهزة الثابتة :-

8737 + 7000 = 15737 واط ....(3)

الحمل الكلي للمنزل= (1) + (2) + (3) =15737 + 6300 + 3500 = 25537 واط .

مثال 1- 5 :

بناية مكاتب Office building تتكون من سبعة طوابق ، تم حساب أعداد تراكيب (وحدات) الإنارة وأعداد المآخذ وحمل التكييف والأحمال الأخرى فكانت كالآتي:

1.أحمال الإنارة

- تركيب إنارة فلورسنت نوع LF-01 4×18 واط عدد 994
- تركيب إنارة فلورسنت مزدوج نوع LF-02 2×36 واط عدد230
- تركيب إنارة فلورسنت مفرد نوع LF-03 1×36 واط عدد 56
- تركيب إنارة ديكوري نوع LF-04 1×100 واط عدد 71
- تركيب إنارة خارجي مطري نوع LF-05 1×100 واط عدد 20
- تركيب إنارة فيضي خارجي نوع LF-06 1×500 واط عدد 4

2.احمال القدرة الخفيفة

- مأخذ قدرة (مقبس) 13 أمبير مفرد أحادي الطور عدد 519
- مأخذ قدرة 13 امبير مزدوج أحادي الطور عدد 72
- ماخذ قدرة 15 امبير مفرد أحادي الطور عدد 48
- مخليات (شافطات) هواء قطر 15 سم 40 واط عدد 14
- ساحبة هواء كبيرة 130 واط عدد 6

3.أحمال التدفئة والتبريد

- مثلج ماء Chiller 150 كيلو واط عدد 3 (واحد إحتياط)
- سخان ماء Boiler 120 كيلو واط عدد 3 (واحد إحتياط)
- مضخة الماء الحار 7.5 كيلو واط عدد 3 (واحد إحتياط)
- مضخة الماء البارد 7.5 كيلو واط عدد 3 (واحد إحتياط)
- دافعة الهواء AHU 10 كيلو واط عدد 7

4.أحمال الصحيات

- مضخة ماء 4 كيلو واط عدد 2
- مضخة ماء 1.5 كيلو واط عدد 2

- مضخة ماء 0.75 كيلو واط عدد 2

5.حمل المصاعد 20 كيلو واط

6.أحمال مختلفة أخرى 30 كيلو واط

إحسب الحمل الكلي للبناية ثم حدد سعة المحول المطلوب لتغذيتها .

الحل:

1.حساب حمل الإنارة

* تركيب إنارة فلورسنت 4×18 واط

القدرة التي يستهلكها التركيب الواحد : 4×18 واط (قدرة المصابيح) + 4×3.30 واط (قدرة الموازن ballast)=85.4 واط (أو إحسب 1.8 × 4 × 18 إن لم تكن تعرف مفاقيد الموازن لجميع مصابيح الفلورسنت) .

عدد التراكيب نوع LF-01 =994

عليه تكون القدرة الكلية للتراكيب LF-01 : 994×85.4= 84886 واط

* تركيب إنارة فلورسنت مزدوج نوع LF-02 2×36 واط

القدرة التي يستهلكها التركيب الواحد = 2×36 واط (قدرة المصابيح) + 2× 8.5 واط (قدرة الموازن)=72+17=89 واط

عدد التراكيب نوع LF-02 =230

لذا تكون القدرة الكلية للتراكيب LF-02 :230×89=20470 واط

* تركيب إنارة فلورسنت مفرد نوع LF-03 1×36 واط

القدرة التي يستهلكها التركيب الواحد 1×36 (قدرة المصباح) +8.5 واط(قدرة الموازن)=44.5 واط

عدد التراكيب نوع LF-03 =56

عليه تكون القدرة الكلية للتراكيب نوع LF-03=56×44.5=2492 واط

* تركيب إنارة ديكوري LF-04 1×100 واط

القدرة المصروفة للتراكيب LF-04 :100×71=7100 واط

* تركيب إنارة مطري 1×100 واط

القدرة المصروفة للتراكيب LF-05 :100×20=2100 واط

* تركيب إنارة فيضي نوع LF-06 1×500 واط

القدرة المصروفة للتراكيب LF-06 :500 ×4=2000 واط

مجموع حمل الانارة: 84886+20470+2492+7100+2100+2000= 119048 واط

من الفقرة (1-5-1) يؤخذ عامل طلب للأبنية المكتبية للإنارة مقداره 80 %

فيكون حمل الانارة= 0.8×119048 = 95238 واط .... [الحمل رقم (1)]

2.حمل المأخذ 13 أمبير أحادي الطور المفرد يؤخذ (150-200) واط ، وليكن 200 واط كحد اعلى

519×200 (عدد المآخذ) =103800 واط

بالنسبة لماخذ 13 امبير والبناية مكتبية فيؤخذ عامل تباين 70%

لذا يكون حمل المآخذ المفردة : 0.7×103800 =0 7266 واط

* حمل مأخذ 13 أمبير أحادي الطور المزدوج

حمل المأخذ بالواط 2×200=400 واط

عليه فإن الحمل الكلي للمآخذ المزدوجة = 400 ×72 (عدد الماخذ) =28800 واط

وبأخذ عامل تباين 70% يكون الحمل: 0.7×28800=20160 واط

* مأخذ قدرة 15 أمبير مفرد أحادي الطور/ العدد 48

يؤخذ حمل مقداره 2500 واط كحد أدنى لهذا الماخذ ولا يؤخذ له عامل تباين (اي عامل التباين يكون 100%).

لذا يكون حمل المآخذ ذات 15أمبير يكون: 2500×48=120000 واط

* مخلية الهواء 15سم 40 واط / العدد 14

الحمل الكلي 40×14=560 واط

* ساحبة هواء كبيرة 130واط / العدد 6

الحمل الكلي 130×6=780 واط

عليه مجموع احمال القدرة الحقيقية :

72660+20160+120000+ 560+780= 0 21416 واط .... [الحمل رقم (2)]

3.أحمال التدفئة والتبريد

* حمل التبريد (حمل الصيف)

حمل مثلجات الماء 150×2=300 كيلو واط (لا يؤخذ المثلج الإحتياط بالحساب)

حمل مضخة الماء البارد 2×7.5=15 كيلو واط (لا تؤخذ مضخة الإحتياط في الحساب)

دافعات الهواء 7×10=70 كيلو واط

اذا مجموع حمل التبريد 300+15+70=385 كيلو واط

* حمل التدفئة (حمل الشتاء)

حمل المسخنات 2×120=240 كيلو واط (لا يؤخذ مسخن الماء الإحتياط بالحساب)

حمل مضخات الماء البارد 2×7.5=15 كيلو واط (لا تؤخذ مضخة الإحتياط بالحساب)

دافعات الهواء 7×10=70 كيلو واط

لذا يكون مجموع حمل التدفئة 240+15+70= 325 كيلو واط

بما أن حمل الصيف هو أعلى من حمل الشتاء فيؤخذ على أساس كونه حمل التكييف عليه يكون:

حمل التكييف =385 كيلو واط .... [الحمل رقم (3)]

4.حمل الصحيات

مضخة ماء 4 كيلو واط /عدد 2 : 2×4= 8 كيلو واط

مضخة ماء 1.5 كيلو واط /عدد 2 : 2×1,5= 3 كيلو واط

مضخة ماء 0.75 كيلو واط /عدد 2 : 2×0.75=1.5 كيلو واط

المجموع : 8+3+1.5=12.5 كيلو واط .... [الحمل رقم (4)]

5.حمل المصاعد 20 كيلو واط .... [الحمل رقم (5)]

6.الأحمال المختلفة الأخرى 30 كيلو واط .... [الحمل رقم (6)]

اذا الحمل الكلي للبناية =الحمل رقم (1)+الحمل رقم (2)+ الحمل رقم (3)+الحمل رقم (4)+الحمل رقم (5)+الحمل رقم (6) = 95.238+214.16+385+12.5+20+30=756.898 كيلو واط .

ان الحمل الفعلي كما تم حسابه هو 756.898 كيلو واط فاذا كان عامل القدرة للبناية هو 0.8 فان الحمل الكلي بالكيلو فولت امبير كون:

756.898÷ 0.8 = 946.12 أي نحتاج الى محول قدرته 1000 كيلوفولت امبير .

اما اذا اخذنا عوامل الطلب بعين الإعتبار وكانت كالتالي :

الإنارة	%100
القدرة الطابقية (المآخذ)	%50
التبريد والتدفئة والمعدات الصحية	%85
المصاعد	%50
أخرى	%100

فستكون النتيجة كالاتي :

95238×1+ 214160 ×0.5+385000 × 0.85 +12500 × 0.85 +20000 × 0.5 +30000

×1= 580 كيلو واط

وبفرض عامل قدرة مقداره 0.8 يكون الحمل بالكيلو فولت أمبير=580÷ 0.8=725

واذا أضفنا 30% من هذا الرقم كتوسعات مستقبلية للأحمال، يكون الحمل المطلوب هو:

725+0.3×725= 942.5 كيلوفولت أمبير

أي نحتاج إلى محول سعته **1000** كيلوفولت أمبير .

الفصل الثاني

الكيبلات والأسلاك الكهربائية Electrical Cables and Wires

2-1 مقدمة

وظيفة الكيبلات (تسمى أيضا بالقابلوات أو الكبلات في بعض البلدان العربية) هى نقل القدرة بطريقة سليمة من المصدرإلى لوحات التوزيع أوالأجهزة والمعدات . وتحدث أثناء عملية نقل القدرة بعض الظواهر مثل إرتفاع درجة حرارة الكيبل نتيجة للمفاقيد وكذلك هبوط الجهد أو الفولتية وتكوين المجالات الكهرومغناطيسية حول الكيبل بالإضافة إلى الحث المتبادل بين دائرة الكيبل والدوائر المجاورة.

تقسم الكيبلات الكهربائية حسب إستعمالها إلى ثلاثة أنواع رئيسية:

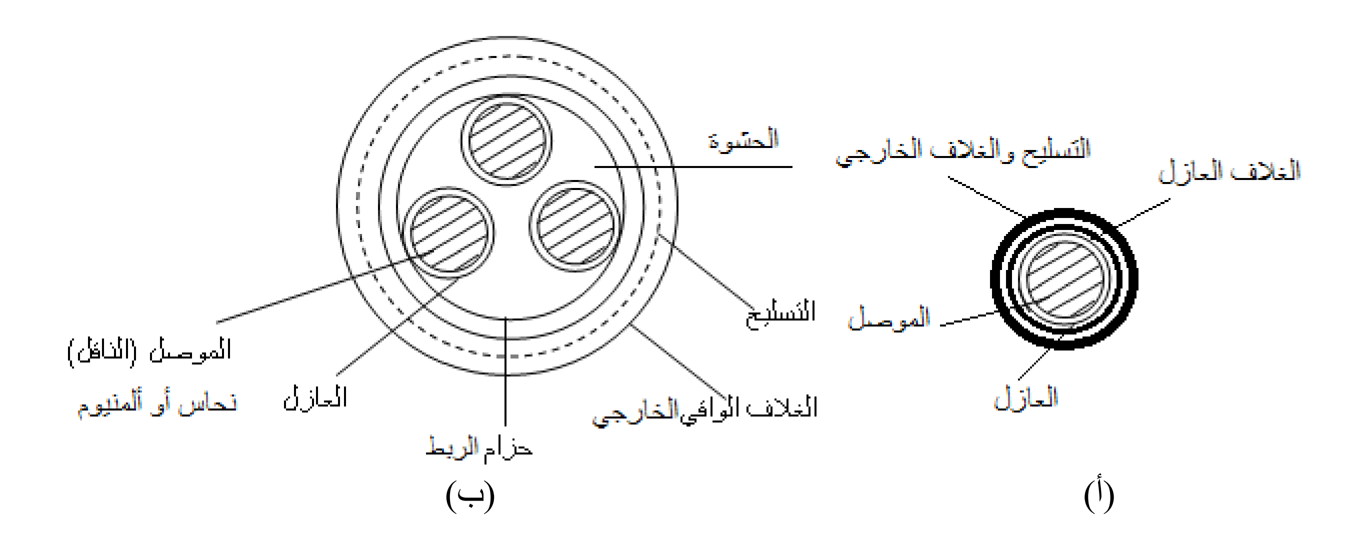
1. كيبلات الفولتية المنخفضة Low Voltage Cables
2. كيبلات الفولتية العالية والمتوسطة Medium and High VoltageCables
3. كيبلات التحكم و الإشارة و القياس Control ,Signal and Instrumentation Cables

تصنع الكيبلات الكهربائية إما بناقل (سلك موصل) واحد Single- Core أوناقلين (سلكين) Two-core أو ثلاثة نواقل Three-Core أوأربعة نواقل أو ربما أكثر من ذلك . ويمكن القول بصفة عامة أن إستخدام الكيبلات ثلاثية أو رباعية الناقل يؤدي إلى خفض التكاليف وخفض هبوط الفولتية ، أما الكيبل أحادي الناقل فهو أكثر مرونة وأسهل في التركيب والتوصيل وعليه فإن إستخدام الكيبلات وحيدة الناقل يكون أفضل داخل المباني نظرًا لكثرة تعرض الكيبل للإنحنائات والتفرعات والتوصيلات. و يتكون الكيبل وحيد الناقل عادة من :

- الناقل (السلك الموصل)
- العازل
- الغلاف العازل
- التسليح والغلاف الخارجي

أما الكيبل ثلاثي الناقل فيتكون من :

- الناقل (الموصل)
- العازل
- مادة الحشو
- حزام الربط Belt والسترة Screen
- الغطاء والحماية الخارجية (التسليح والغلاف الواقي الخارجي) أنظر الشكل (2-1).



الشكل (2-1) تركيب الكيبل (أ) كيبل وحيد الناقل (مفرد) ، (ب) كيبل ثلاثي الناقل.

نحاس Cu		ألمنيوم Al	
المستدير Round	صلد re	المضغوط compressed	مستديرومجدول ومضغوط
	مجدول rm		
شكل قطاع الدائرة Sector-shaped	صلد se		مجوف
	مجدول sm	المجوف	ثلاثة قطاعات دائرة مضغوطة

الشكل (2-2) تصاميم الناقل (الموصل) المصنوع من النحاس أو الألمنيوم.

الناقل:

تصنع النواقل المستخدمة في الكيبلات إما من مادة النحاس copper أو الألمنيوم Aluminum ،ويفضل إستخدام النحاس على غيره لأسباب عدة منها:

- قابليته للتوصيل الكهربائي جيدة جدا .
- مقطع السلك صغير نسبيا مقارنة مع أسلاك مصنوعة من معادن أخرى لها نفس سعة نقل التيار.
- سهل المد لمرونته الجيدة.

ويستخدم النحاس خفيف التلدين Soft annealed copper في صناعة موصلات كيبلات القدرة وكذلك في الأسلاك المعزولة الأخرى للتمديدات الكهربائية آخذين بعين الإعتبار في تصنيعها أن تكون مقاوميته في درجة حرارة 20 مئوية تساوي 0.01786 أوم ملم^2/متر. أما توصيليته فتكون 56 متر/ أوم ملم^2 حسب المواصفات القياسية الدولية (IACS) للنحاس الملدن. أما موصلات الألومنيوم فإنها تستخدم أيضًا على نطاق واسع بسبب رخص ثمنها وخفة وزنها مقارنة مع موصلات النحاس لنفس قيمة التيار . وموصل الألمنيوم يجب أن يكون بنقاوة 99.3% وأن يخضع أيضا لعملية التنعيم والتلدين وفق المواصفة الدولية (IACS) المذكورة وتكون مقاوميته في درجة حرارة 20مئوية تساوي 0.03030 أوم ملم^2/م ، وتوصليته 33 متر/ أوم ملم^2. و في المبانى السكنية والمنشآت التجارية والإدارية تستخدم الموصلات النحاسية الصلدة (المصمتة) Solid conductors لغاية مقاطع عرضية 16 ملم^2 في الغالب . أما بالنسبة للمقاطع العرضية من 25ملم^2 فأعلى فتصنع عادة من الموصلات المجدولة Stranded Conductors للحصول على مرونة أكثر.

ويكون شكل الناقل النحاسي (الموصل) مستديرا Round في المقاطع من 16ملم^2 فما دون للكيبلات المتعددة النواقل Multi- core أو وحيدة الناقل Single-Core . أما بالنسبة للكيبلات متعددة النواقل ذات مقطع (25) ملم^2 أو أكبر فانه إما أن يكون الناقل مستديرا أو غير مستدير (على شكل قطاع دائرة) كما موضح في الشكل (2-2).

أما بالنسبة لنواقل الألمنيوم فتكون أشكالها مختلفة عن النحاسية فالشكل المستدير يكون دائماً مجدولاً وليس صلداً (مصمتا) ويتم ضغطه خلال عملية الجدل أو يكون صلداً على شكل ثلاث قطاعات تشكل دائرة كاملة ويضغط أيضا كما هو الحال في المجدول. والنوع الثالث من نواقل الألمنيوم يكون مجوف على شكل أنبوب بقطر داخلي 12ملم وتوضع أسلاك الألمنيوم على طول الأنبوب بطبقة أو طبقتين حسب المقطع العرضي المكافئ ، لاحظ الشكل (2-2) .

العازل : تستخدم في الوقت الحاضر مواد البوليمر في صناعات جميع الكيبلات المستخدمة فى المباني التجارية على إختلاف جهودها . ومواد البوليمر هى مواد مستخرجة من صناعات بتروكيماوية، وهناك نوعان أساسيان من هذه المواد يستخدمان في صناعة عوازل الكيبلات :

1-اللدائن الحرارية Thermoplastics:

وهي أنواع البوليمرالتي تلين بالحرارة وتتصلب بالبرودة . وأهم أنواعها كلوريد متعدد الفنيلPVC ويتميز بخواص كهربائية ممتازة لحد فولتية 3 كيلو فولت وهو غير مناسب للفولتيات الأعلى من ذلك إلا بأستخدام أنواع خاصة منها . وكما ذكرنا فهو يتصلد بالبرودة ويلين بالحرارة ومن الأفضل عدم تعريضه لدرجات حرارة تقل عن الصفر أو تزيد عن 70 م بصورة مستمرة وهو يتميز أيضًا بخاصية الإطفاء الذاتي للهب فهو يحترق عندما يلمس اللهب مباشرة ، لكنه ينطفئ بمجرد إبعاد مصدر اللهب عنه وينتج عن إحتراقه غازات سامة . ويجب ألا تزيد درجة حرارة الموصل عن 160 درجة مئوية أثناء فترة عطل قصر الدارة ولفترة قصيرة جدا وإلا فإن العازل قد يتلف ؛ وهو يقاوم الأوزون بصورة جيدة ويتلف بتعرضه لغاز الكلور .

2- الجوامد الحرارية Thermo-settings :

وهي المواد التى لا تلين بالحرارة حتى درجة حرارة إحتراقها أو تحللها وأهم أنواعها البولي اثلين التشابكي أو المربوط بالتصالب XLPE ويتميز بخواص كهربائية وفيزيائية وكيميائية ممتازة . ويمكن استخدامه لدرجة حرارة مستمرة للموصل لغاية 90 درجة مئوية وبدرجة حرارة 250 درجة مئوية في فترات قصر الدارة . وتعتبر مقاومته ممتازة للرطوبة ولغاز الأوزون الذي يتصاعد نتيجة لظاهرة الكرونا الناشئة من زيادة شدة المجال الكهربائي للعازل ، لكنه غير مقاوم لغاز الكلور وهو مادة صلدة جدًا غير قابلة للاشتعال تستخدم عادة في الكيبلات ذات فولتيات أعلى من 3 كيلوفولت حيث أن إستعمالها في الفولتيات الأقل من ذلك لا مبرر له لارتفاع ثمنها . ويوضح الجدول (2-1) أهم مواد البوليمير المستخدمة في صناعة عوازل الكيبلات ودرجات حرارة التشغيل وكذلك خواصها الكهربائية والفيزيائية بصفة عامة .
ويمكن تلخيص أهم العوازل المستخدمة في كيبلات القدرة وهي :-

- PVC: Insulating compound based on polyvinyl chloride or copolymer of vinyl chloride. بلاستك كلوريد متعدد الفنيل
- PE: Insulating compound based on thermo plastic polyethylene. بلاستك متعدد الاثلين
- Butyl Rubber: Insulating compound based on ethylene propylene rubber or similar. مطاط بيوتيل او مايشابهه
- EPR: Insulating compound based on ethylene propylene rubber or similar (EPM or EPDM). مركب اثلين بروبلين أو مايشابهه

- XLPE: Insulating compound based on chemically cross-linked polyethylene.
متعدد الاثلين المربوط بالتصالب (التشابكي)
- XLPO: Insulating compound based on chemicallyCross-linked polyolefin.
متعدد الاولفين المربوط بالتصالب (التشابكي)
- Paper: Paper-insulated cable. الكيبل المعزول بالورق
- MICC : Mineral insulated copper covered العزل بالمواد المعدنية المقاومة للحرارة

جدول (2-1 (أ)) درجات حرارة التشغيل العظمى للعوازل المستخدمة في الكيبلات

نوع العازل	درجة الحرارة الحدية (مئوية) - العظمى
كلوريد متعدد الفنيل (PVC)	70 للناقل (الموصل)
متعدد الأثلين المربوط بالتصالب (XLPE)	90 للناقل
مركب أثيلين بروبلين (EPR) و (EPDM)	80-90 للناقل
متعدد الأولفين المربوط بالتصالب (XLPO)	90 للناقل
مطاط البيوتيل Butyle Rubber	100 للناقل

جدول (2 -1 (ب)) :خواص موادالبوليمير العازلة المستخدمة في الكيبلات

الاسم الشائع	الخواص الكهربائية	الخواص الفيزيائية
الجوامد الحرارية:		
البولي أثيلين التشابكي XLPE	ممتاز	ممتاز
مطاط أثيلين بروبلين الناشف HEPR	ممتاز	ممتاز
المطاط السيليكوني SR	جيد	جيد
النيوبرين	متوسط	جيد
اللدائن الحرارية :		
كلوريد متعدد الفينيل PVC	جيد	جيد
البولي أيثلين PE	ممتاز	جيد
النايلون	متوسط	ممتاز

الغلاف المعدني :

تشترط المواصفات القياسية الدولية (IEC-502) تزويد الكيبل بغلاف معدني إذا تجاوزت فولتية الكيبل 1000 فولت . ويصنع الغلاف المعدني إما من مادة موصلة (رصاص - سبيكة رصاص - سبيكة ألومنيوم) أو من مادة شبه موصلة أو من الاثنين معًا . ويتم تصنيع الغلاف المعدني على أشكال مختلفة منها:

- شريط من النحاس أو الصلب يلف على العازل بطريقة لولبية
- شريط معرج من النحاس يوضع على العازل بطريقة طولية ويثبت عن طريق اللحام الطولى .
- أسلاك من النحاس تلف على العازل العازل بطريقة لولبية

- غلاف صلد (مصمت) من الرصاص يتم إلصاقه على طول العازل عن طريق البثق Extruded Lead Sheath

وتحتوي أنواع كثيرة من الكيبلات على غلاف معدني داخلي يتم وضعه على الموصل أو قريبًا منه وغلاف معدني خارجي أي أن العازل يكون محاطًا بغلافين من الداخل والخارج .

ويحقق الغلاف المعدني مزايا عديدة منها :

- حصر المجال الكهربائي داخل الكيبل
- توفير مسار لتيار قصرالدارة الأرضي
- خفض الإجهادات الكهربائية على العازل وخاصة المجالات المماسة لسطح العازل التى تسبب في تلفه .
- الحد من التشويش على أجهزة الإتصالات
- خفض مخاطر الصدمات الكهربائية في حالة التأريض الجيد للكيبل
- حماية ميكانيكية وكيميائية وطبيعية لمادة العازل

ألحماية الخارجية :

تستخدم الحماية الخارجية أو الغلاف الخارجي لحماية طبقات الكيبل من ظروف البيئة . ويعتمد اختيار مادة الحماية الخارجية على عوامل إختيار العازل نفسها . أي على الخواص الكهربائية والميكانيكية والفيزيائية والكيميائية ؛ كما يمكن تزويد الكيبل بحماية معدنية أو غير معدنية أو الاثنين معا :

ـ ألحماية غير المعدنية

تكون الحماية غير المعدنية على صورة سترة مبثوقة Extruded jacket على الغلاف المعدني من مادة الـ PVC أو XLPE تلف حول الغلاف المعدني ، أوتصنع من الألياف الزجاجية Fiber Braids ويكون شكل الألياف عريضا و مجدولا وتحتاج جميع الألياف إلى مادة مشبعة Saturant أو غامسة لتحقيق قدر من المقاومة ضد الرطوبة والمذيبات والتآكل والعوامل الجوية الأخرى. وهناك أنواع خاصة من المواد المستخدمة في الحماية الخارجية لها خواص مقاومة لإرتفاع درجة الحرارة وإبطاء اللهب ومقاومة الزيوت المذيبة .

ـ الحماية المعدنية

تظهر الحاجة إلى حماية خارجية معدنية إذا كان الكيبل معرضًا لإجهادات ميكانيكية عالية أو مواد كيميائية قاسية أو إجهادات حرارية عالية أثناء عطل قصر الدارة ؛ وتتوفر الحماية الخارجية المعدنية بأشكال ومواد مختلفة ويستخدم في ذلك حديد الصلب (الفولاذ) المغلفن أوالألومنيوم أوالبرونز أوالرصاص أوالنحاس ويتم عمل طبقة الحماية الخارجية على شكل تسليح Armoring بأحد الوسائل التالية:

- تسليح متداخل Interlock من حديد الصلب المغلفن
- غلاف معدني متعرج ملحوم طويلا على إمتداد الكيبل
- غلاف معدني من الرصاص أو النحاس أو الألومنيوم
- أسلاك من حديد الصلب تلف لولبيًا بإمتداد الكيبل . ويجب الرجوع إلى النشرات الفنية الخاصة

بالكيبلات للتعرف على الخواص الكهربائية والميكانيكية لكل أنواع الحماية الخارجية.

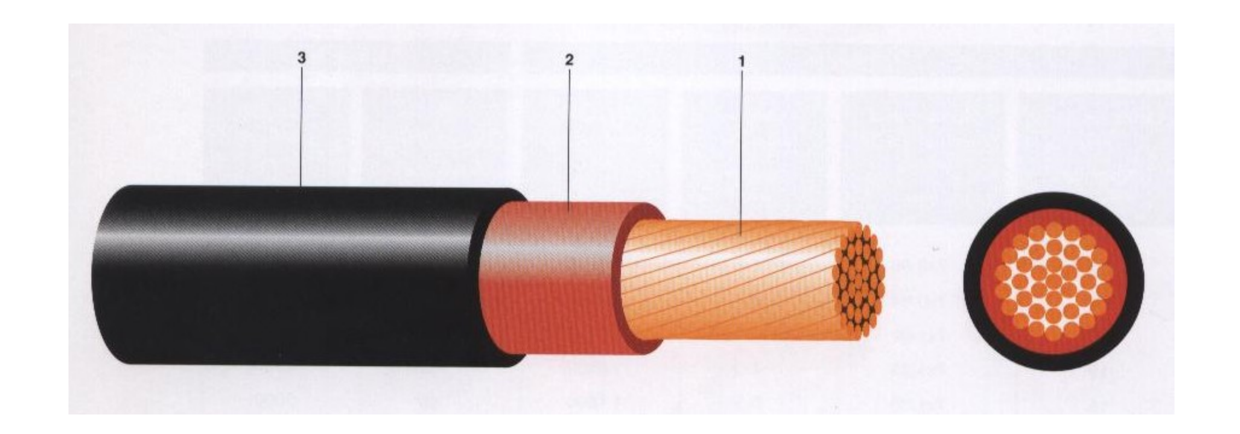
و تختلف الكيبلات أيضا من حيث متانتها حيث أن هناك أنواع من الكيبلات مسلحة بطبقة واحدة Single Tape Armour - STA أو طبقتين Double Steel Tape Armour -DSTA من الأشرطة المعدنية حول العوازل و تستعمل هذه الأنواع من الكيبلات بصورة عامة عندما يكون المد داخل الأرض بصورة مباشرة (أي خنادق الكيبلات) أو على حوامل الكيبلات المعدنية المكشوفة ، وفائدة استخدام الطبقة المسلحة في الكيبلات هو لزيادة حمايتها من الصدمات الميكانيكية ، أما الكيبلات غير المسلحة فيكون مدها في الخنادق المغلقة أو على حوامل الكيبلات المغلقة أو داخل أنابيب معدنية التي تحميها من الصدمات الميكانيكية المباشرة. ويغلف الكيبل من الخارج بغلاف خارجي يصنع عموما من مادة إلـ PVC القوية السوداء اللون للمحافظة عليه سواء كان مسلحا أو غير مسلح . ويبين الشكل (2- 3 (أ) و(ب)) أنواع مختلفة لكيبلات الفولتية المنخفضة .

كيبلات الفولتية المتوسطة والعالية Medium and high voltage cables

لا تختلف كيبلات الفولتية المتوسطة والعالية في مكوناتها وتركيبها عن كيبلات الفولتية المنخفضة إلا بإسلوب العزل وكميته،وتصنف الكيبلات ذات الفولتية المتوسطة في التمديدات الكهربائية لحد 33kV وتصنع هذه الكيبلات بفولتيات 3300 و6600 و11000 و33000 فولت أو أكثر وهي عادة من الأنواع المعزولة بمواد الـ PVC أو XLPE أو الورق .أما كيبلات الفولتية العالية فتكون أعلى من 33kV،وفي هذا الكتاب سنطلق كلمة الفولتية العالية على الفولتية المتوسطة والعالية كليهما كما هو المعتاد في دولنا العربية للسهولة. وبصورة عامة تكون كيبلات الفولتية العالية المستخدمة في الأبنية والمنشآت كالاتي:

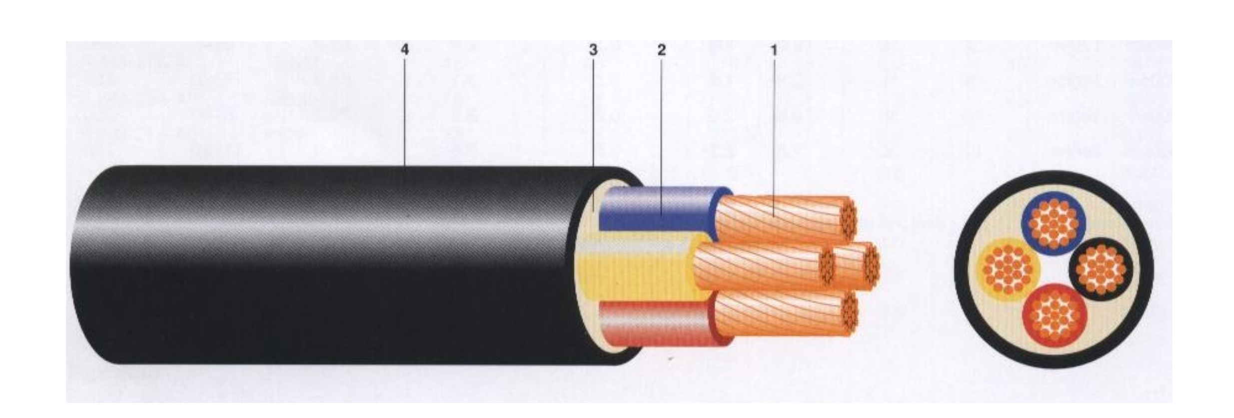
1- كيبلات ذات فولتية أقل من 11 كيلو فولت أو يساويها : وتستخدم هذه الكيبلات لتغذية الأبنية التي يكون حملها أقل من 5 ميغاواط ، ويبين الشكل (2- 3(ج)) نوعا من كيبلات الفولتية العالية .

2- كيبلات ذات فولتية أعلى من 11 و 33 كيلوفولت : وتستخدم للأبنية والمنشات التي يزيد حملها عن 5 ميغاواط لتغذية المحطات الثانوية لتلك الأبنية ،أنظر الشكل (2-3(د)) .



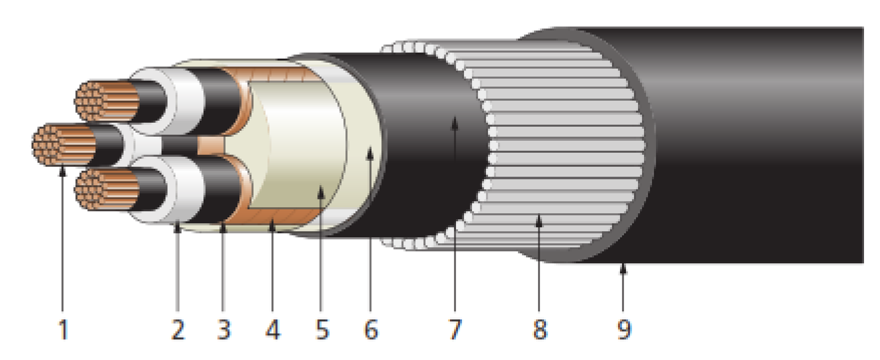
1. الموصل (الناقل) المجدول
2. عازل كلوريد متعدد الفنيل
3. غلاف كلوريد متعدد الفنيل

الشكل (2- 3 (أ)) كيبل فولتية منخفضة وحيد القلب (الناقل)



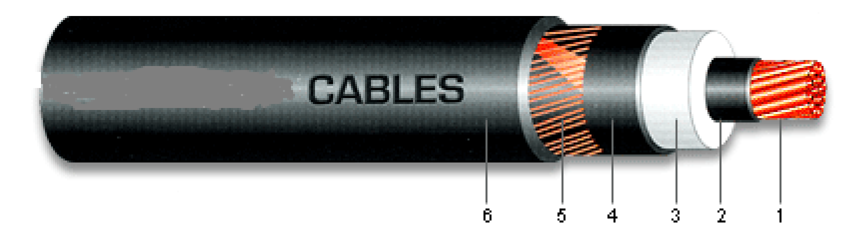
1. الموصل (الناقل) المجدول
2. عازل كلوريد متعدد الفنيل
3. السترة المبثوقة
4. غلاف كلوريد متعدد الفنيل

الشكل (2- 3(ب)) كيبل فولتية منخفضة ثلاثي القلب (الناقل) .



1- الموصل (الناقل) المجدول Conductor
2- عازل Insulation
3- غطاء عازل Insulation screen
4- شريط من النحاس Copper tape
5- حشوة Fillers
6- لفاف شريطي Tape binder
7- سترة Sheath
8- تسليحArmour
9- سترة Sheath

الشكل (2- 3 (ج)) كيبل فولتية عالية ثلاثي القلب (الناقل) نموذجي .



1- الموصل (الناقل) المجدول Conductor
2- عازل الموصل Conductor Screen
3- عازل Insulation
4 - غطاء عازل غير معدني Insulation Screen)
5- شريط أو أسلاك من النحاس Copper tape
6- سترة Sheath خارجية

الشكل (2- 3(د)) نموذج لكيبل فولتية عالية وحيدا القلب (الناقل) مسلح .

2-2 طرق تمديد الكيبلات و الأسلاك الكهربائية

تختلف طرق تمديد الكيبلات والأسلاك الكهربائية المستعملة في التمديدات الكهربائية من مكان إلى آخر حيث إن طبيعة البناية ونوع العمل فيها يتطلب اختيار نوع معين من التمديدات دون غيره ، وكذلك تدخل عدة عوامل أخرى في إختيار طريقة تسليك و تمديد الكيبلات منها درجة الحماية المطلوبة للتمديدات والكلفة الاقتصادية ...الخ . وأهم طرق التسليك وتمديد الكيبلات الرئيسية المستخدمة في التمديدات الكهربائية هي :

1. التمديد أو التسليك داخل الأنابيب المغلفنة أو أنابيب البلاستك Galvanized or plastic pipes.

2. التمديد على حوامل الكيبلات Cable tray.
3. التمديد في خنادق الكيبلات Cable trenches.
4. طرق المد الأخرى.

1-2-2 التمديد داخل الأنابيب المعدنية المغلفنة أو البلاستيكية

وتستخدم هذه الطريقة في معظم التمديدات الكهربائية للأبنية المكتبية و الصناعية وذلك بإستخدام الأنابيب المعدنية المغلونة أو أنابيب البلاستك وقد تكون هذه الأنابيب :

أ- مدفونة في الجدران.
ب- ظاهرية.

تستخدم الأنابيب المدفونة في الجدران في التمديدات الكهربائية في معظم الأبنية الخدمية العامة كالمكاتب والقاعات و الفنادق ....الخ ، لضمان الجودة والمنظر الملائم بإخفاء الأسلاك الكهربائية عن الناظر . أما التمديد بواسطة الأنابيب الظاهرية فتستخدم في الأبنية الصناعية كالمعامل والورش والمخازن حيث تكون بصورة عامة أقل كلفة من الأولى وسهلة الصيانة ويكون المنظرفيها غير ذي أهمية تذكر .

وتستخدم الأنابيب بصورة رئيسية لمد الأسلاك الكهربائية المفردة Single Wires التي تستخدم في تسليك نقاط الإنارة ومآخذ القدرة و منظومات الإنذار المبكر للحريق وتسليك نقاط السماعات والهاتف والمنظومات الأخرى. ويجب أن يكون عدد الأسلاك المارة في كل أنبوب ذي حجم معين مناسباً بحيث يسهل عملية تسليكها أو سحبها أثناء عملية التمديد أو أثناء الصيانة، وذلك لضمان عدم خدشها أو تلفها.ويوضح الجدول (2-2) حجم كل أنبوب من الأنابيب المستخدمة في التمديدات وعدد الأسلاك المسموح إمرارها من خلاله ، علماً ان منظومات الإنذار المبكر للحريق يجب أن يتم تمديدها داخل أنابيب حديد مغلفن ، ويمنع تمديدها بأنابيب البلاستك وذلك لضمان عدم إتلاف أسلاك المنظومة خلال حدوث الحرائق.

كذلك يمكن إستخدام الأنابيب المغلفنة لمد الكيبلات بداخلها بحيث يكون مقطع الكيبل ذي مساحة معينة يسهل دخوله بالأنبوب. كما أنه في بعض الأحيان يستعمل في التمديدات نوع من الأنابيب المغلفنة أو البلاستيكية المسمى بالإنبوب المرن Flexible Pipe وخصوصاً في السقوف الثانوية لإجراء التوصيلات بين الأنابيب الإعتيادية و بين تراكيب الإنارة أو المآخذ ، كما تستخدم هذه الأنابيب لإغراض التوصيلات الأخرى في بعض الحالات كالتوصيلات الخاصة بالمضخات والمحركات الكهربائية وبالتمديدات عندما تتقاطع الأنابيب الإعتيادية مع الروافد (الجسور) الكونكريتية في سقوف الأبنية .

في العموم يجب ان يترك مجال في كل انبوب بنسبة 10% من عدد الأسلاك المسموح مرورها من خلاله وذلك لإغراض الإستخدامات المستقبلية.

جدول (2-2) مساحة مقطع الأسلاك المفردة وأعدادها المسموح تمديدها داخل أنبوب ذي قطر معين.

مساحة مقطع السلك mm ²	اقصى عدد من الأسلاك المسموح إمرارها بالأنبوب ذي قطر		
	20 mm	25 mm	32 mm
1	7	10	25
1.5	5	12	20
2.5	4	9	12
4	3	6	10
6	2	4	8
10	2	3	4
16	-	3	4

2-2-2 ألتمديد على حاملات الكيبلات (ألصواني) Cable trays

تستخدم حاملات الكيبلات (الصواني) في المناطق الصناعية أو تحت السقوف الثانوية في المباني الإعتيادية وهي عبارة عن صفائح حديدية مغلفنة غير مثقبة او مثقبة بثقوب غير منتظمة تسهل استخدام مثبتات الكيبل عليها و تستخدم الحاملات لمد مختلف أنواع الكيبلات من كيبلات القدرة أو السيطرة ، وتثبت على الجدران بواسطة مساند خاصة Brackets أو تعلق في السقوف بواسطة قواعد أو حمالات خاصة . ويتم مد الكيبلات وتثبيتها بطريقة منتظمة على حوامل الكيبلات بواسطة أحزمة بلاستيكية .

وتصمم حوامل الكيبلات بحيث تكون أبعادها ملائمة لعدد الكيبلات الممدودة عليها كذلك يجب ان تكون مثبته بطريقة بحيث تتحمل ثقل هذه الكيبلات وان تحدد مساراتها بطريقة تسهل مد الكيبلات عليها وان لا تحتوي على حافات أو زوايا حادة قد تؤدي إلى أضرار أو خدش الكيبلات (راجع الفصل الأول) .

3-2-2 ألتمديد في خنادق الكيبلات Cable Trenches

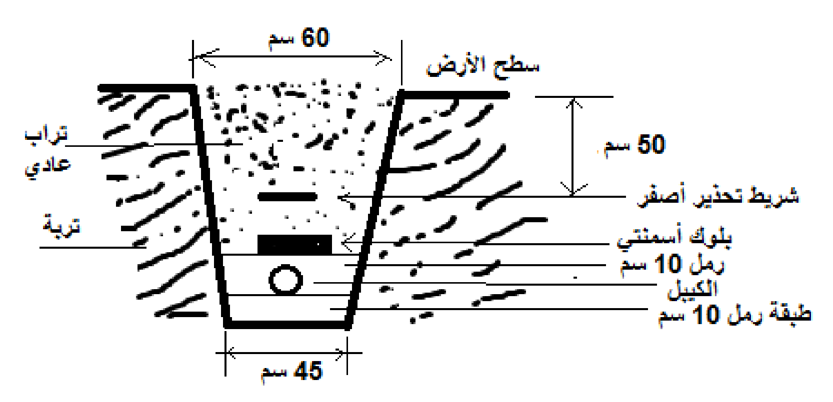
تستعمل خنادق الكيبلات بصورة عامة لتمديد الكيبلات التي تربط اللوحات الكهربائية في بناية معينة مع اللوحات الموجودة في أبنية أخرى أو أبنية المحطات الكهربائية. وقد تستعمل هذه الخنادق في البناية الواحدة أيضا وخصوصا في الأبنية الصناعية أو الأبنية التي تحتوي على كيبلات كثيرة تربط أجزائها الكهربائية كالمكائن ولوحات السيطرة الموجودة في مثل هذه الأبنية (مثلا غرف السيطرة ، ومحطات تجهيز القدرة الكهربائية ...الخ). ويمكن تقسيم خنادق الكيبلات إلى نوعين رئيسيين هما :

أ- الخنادق المفتوحة Open trenches

ب- الخنادق الترابية Earth trenches

ـ الخنادق الترابية

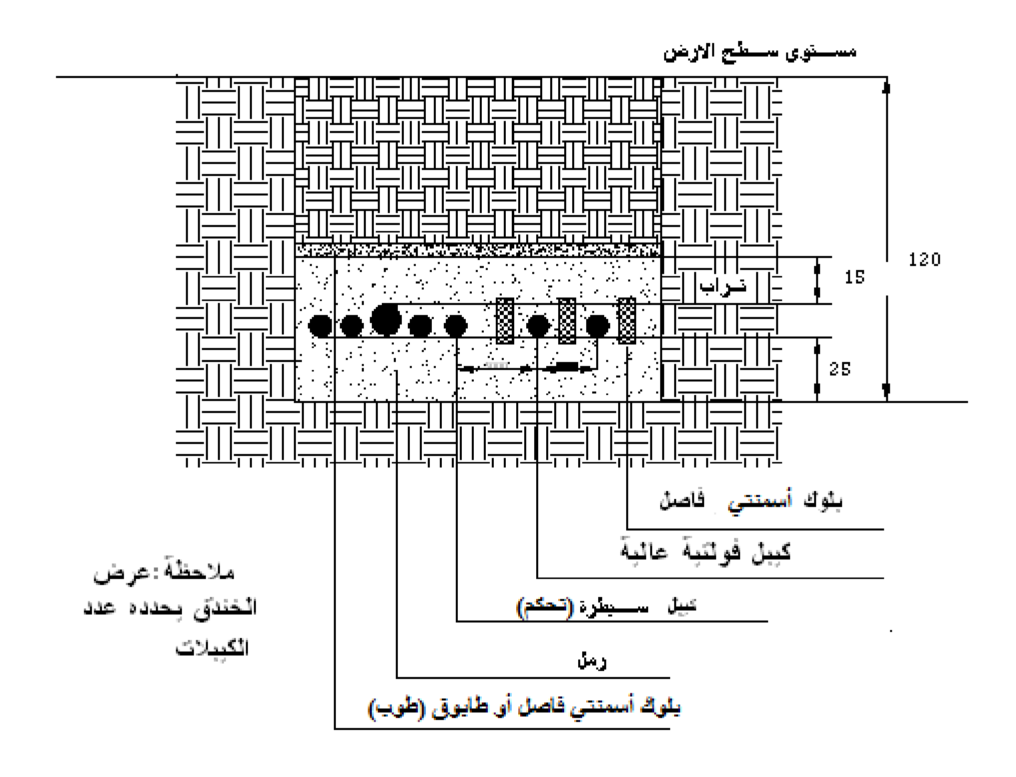
تستعمل هذه الخنادق بصورة عامة خارج الأبنية وخاصة للمسافات البعيدة كونها إقتصادية جدا ، حيث تتكون هذه الخنادق من قناة بإبعاد وعمق مناسب لتمديد مجموعة الكيبلات فيها وبعد أن تكسى أرضية هذه الخنادق بالرمل بسمك لا يقل عن 10سم تمد عليه الكيبلات ثم تغطى أيضا بالرمل وبسمك لا يقل عن 7.5 سم ومن ثم بطبقة من الطابوق (الطوب) أو البلوك الإسمنتي وبعد ذلك تدفن بالتراب لحد ثلاثة أرباع إرتفاع الخندق ، ثم يوضع شريط بلاستك أصفر اللون للتحذير بوجود الكيبل ثم يكمل الدفن بالتراب لما تبقى من عمق الخندق . ويتم فصل الكيبلات الموجودة داخل هذا الخندق بفواصل مناسبة أما بواسطة البلوك الاسمنتي أو الطوب وخاصة كيبلات السيطرة عن كيبلات القدرة، لاحظ النماذج رقم (1، 2 ،4،3). وفي حالة تقاطع الخنادق الترابية مع مسارات الشوارع أو الممرات يتم إمرار الكيبلات بواسطة أنابيب معدنية أو بلاستيكية أو أسمنتية ، لاحظ النموذج رقم (6) ، وكذلك بالنسبة للكيبلات الممدودة في الخنادق الترابية والتي تمر من خلال كتل كونكريتية أو ما شابه ذلك فيكون إختراقها عبر أنابيب حديد أو بلاستك بقطر ملائم إلى خارج هذه الكتل الكونكريتية ويتم تعليم مسارات الخنادق الترابية للكيبلات بواسطة مؤشرات أو علامات أرضية للاستدلال عن وجود كيبلات في هذه المنطقة ،لاحظ النموذج رقم (7).



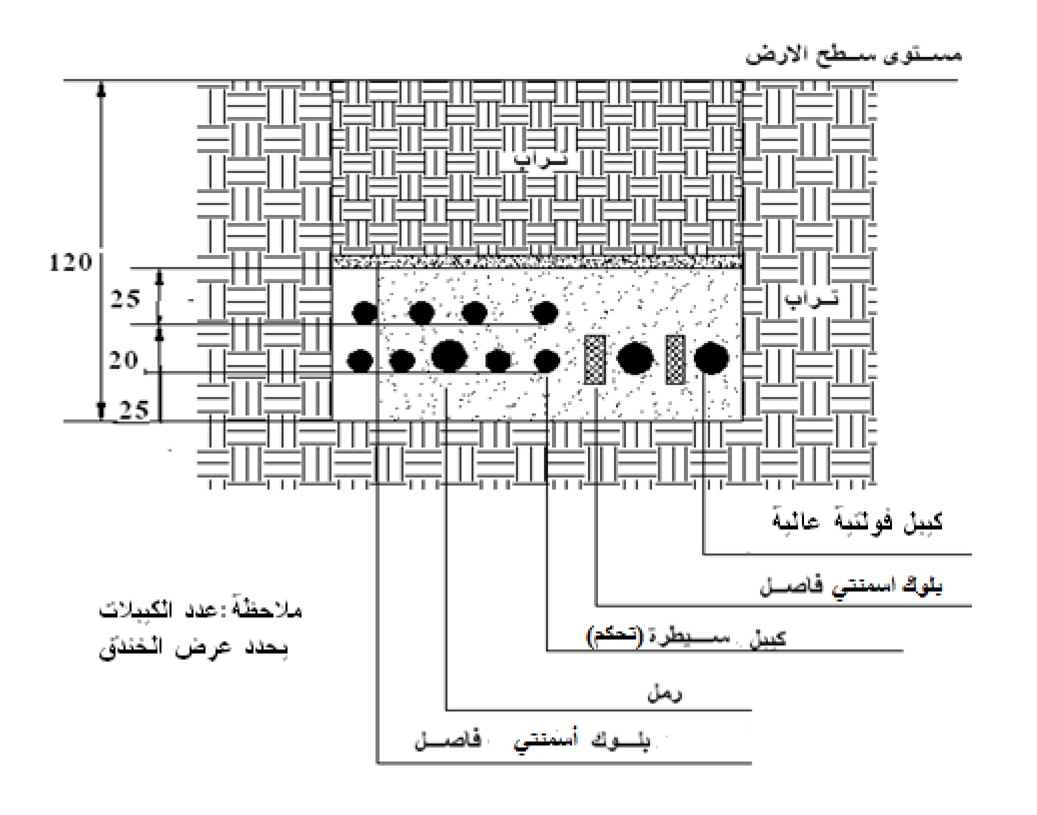
نموذج (1):خندق ترابي Trench لكيبل فولتية منخفضة وحيد واذا تم دفن كيبل اخر ذي فولتية منخفضة أيضا تكون المسافة بينهما لا تقل عن 10سم . أما عمق الخندق فيكون 80 – 90 سم للفولتية المنخفضة و 100- 125 سم للفولتية العالية ، ويكون التباعد بين كيبل الفولتية المنخفضة والعالية إن دفنا بالخندق نفسه لا يقل عن 30 سم .

ـ الخنادق الأسمنتية المفتوحة

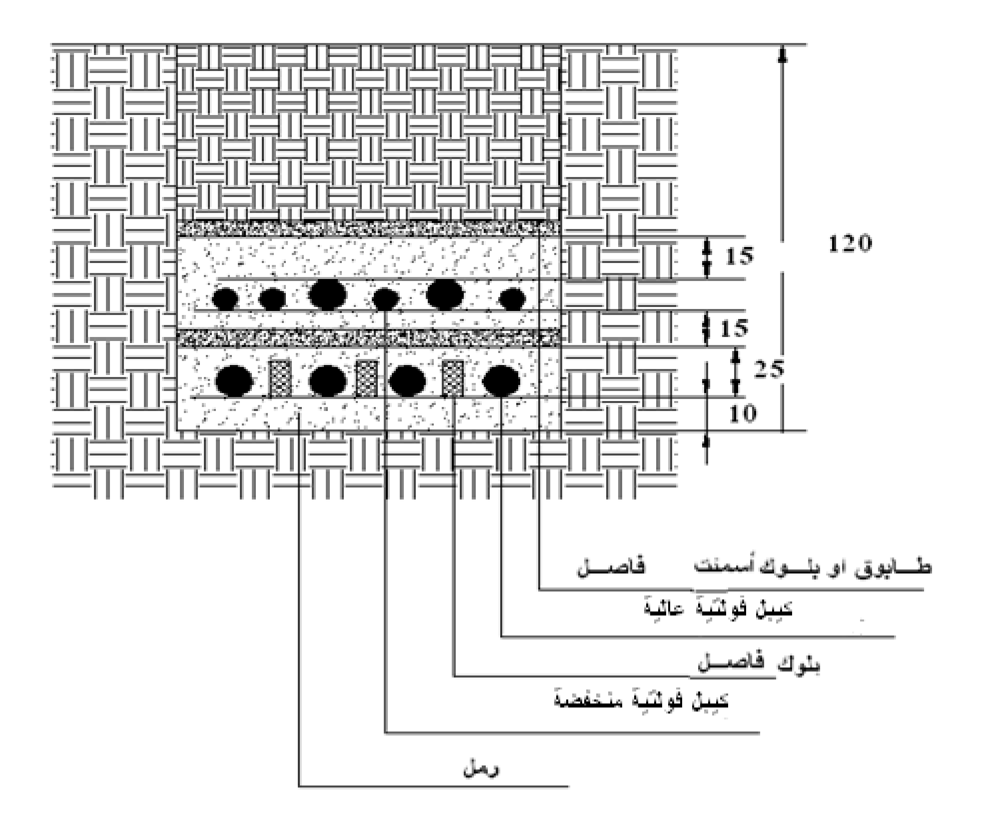
وتستعمل هذه الخنادق داخل الأبنية أو لتمديد الكيبلات الخدمية التي تربط مجموعة أبنية وتكون هذه الخنادق مشيدة بالأسمنت المسلح وبإبعاد مناسبة تعتمد على عدد الكيبلات الممدودة فيها ، مع الأخذ بعين الاعتبار إمكانيتها لإستيعاب كيبلات إضافية في المستقبل . وتكون هذه الخنادق الأسمنتية ذات أغطية إما أسمنتية أيضا أو من ألواح معدنية قوية Checquered plate ممكن فتحها عند الحاجة لأغراض مد كيبلات جديدة أو الصيانة، وقد تمد داخل هذه الخنادق أيضا حاملات كيبلات Cable tray على إرتفاع معين من قاع الخندق لغرض مد الكيبلات عليها ، لاحظ النموذج رقم (5).



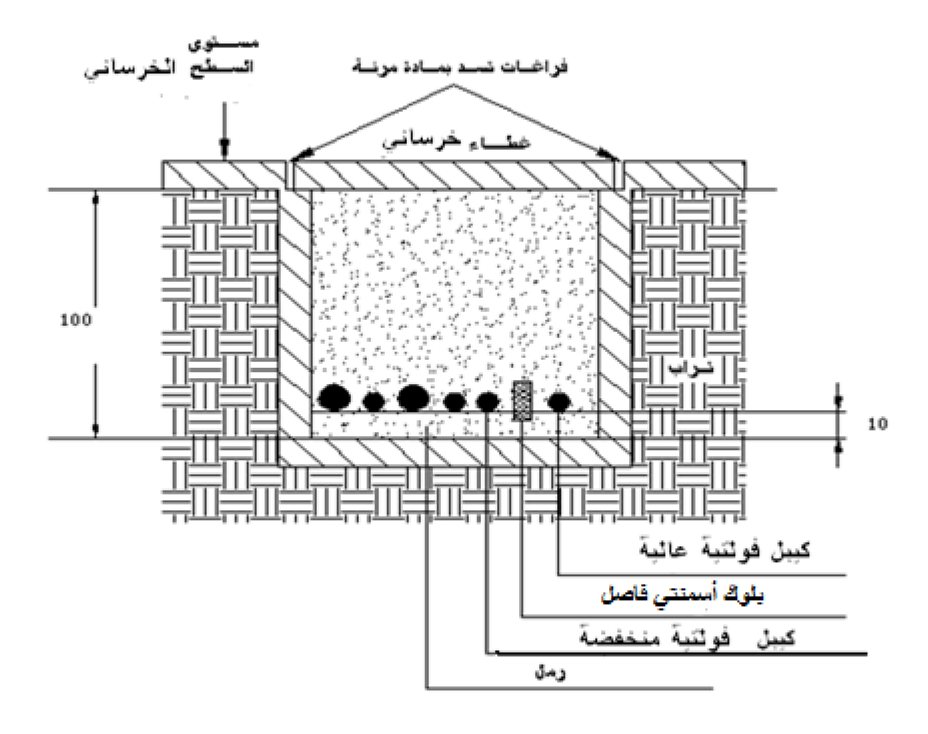
نموذج رقم (2): خندق ترابي Earth Trench لمد كيبلات الفولتية العالية وكيبلات السيطرة (التحكم)-الأبعاد بالسنتمتر .



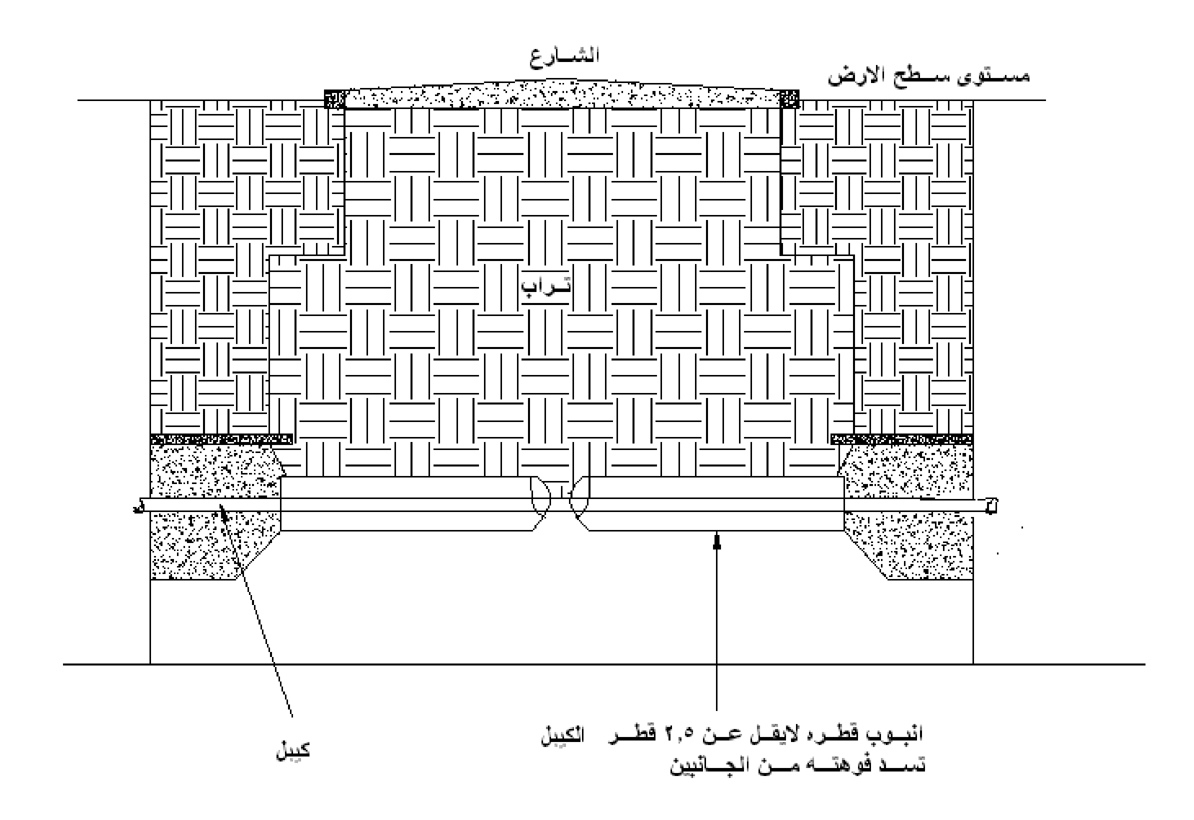
نموذج رقم (3): خندق ترابي لمد طبقة أو طبقتين من الكيبلات الكهربائية – الأبعاد بالسنتمتر.



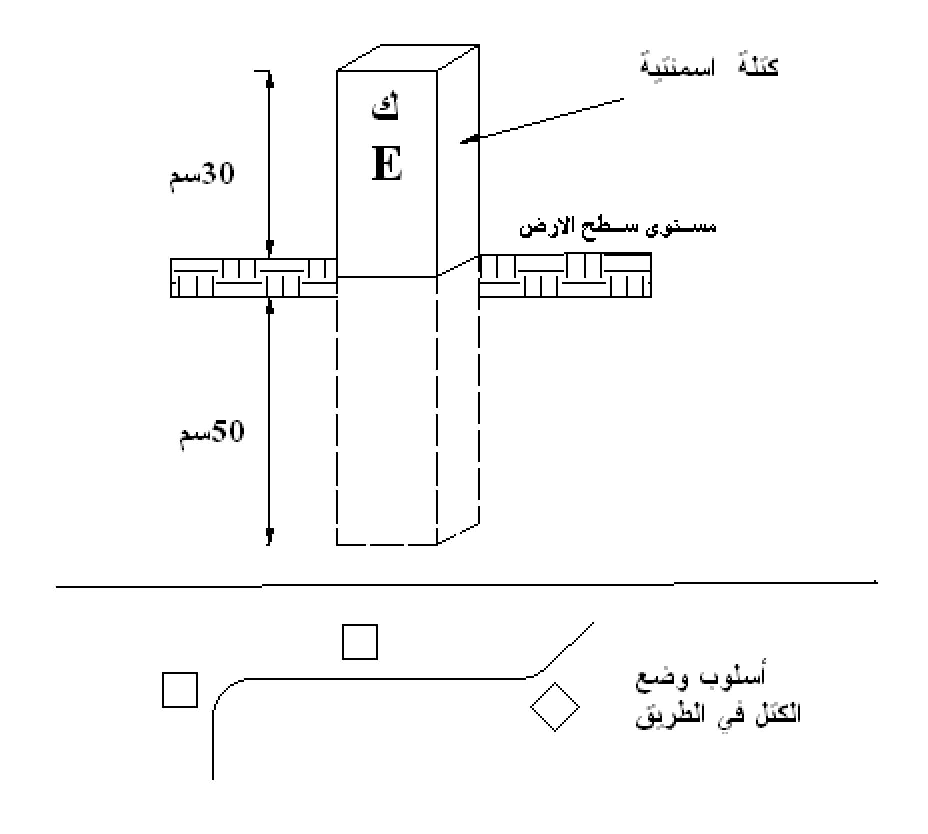
نموذج رقم (4): خندق ترابي لمد طبقتين من الكيبلات الكهربائية مختلفة الفولتية- الأبعاد بالسنتمتر.



نموذج (5): خندق خرساني Concrete trench لتمديد الكيبلات الكهربائية فارغاً أو مملوء بالرمل .لاحظ ان عدد الكيبلات يحدد عرض الخندق.



نموذج رقم (6): مسارات الكيبلات الكهربائية عند تقاطعها مع الشوارع أو الكتل الخرسانية.



نموذج رقم (7): العلامات الأرضية لمسارات خنادق الكيبلات الكهربائية.

3-2 الطرق المرجعية في التمديد والتأسيس حسب النظام الدولي IEC

نظرا لكثرة وتشعب طرق التمديد والتأسيس للكيبلات والأسلاك فإن كل دولة من دول العالم تعتمد نظاماً يلخص فيه هذه الطرق ويعطيها أرقاما أو حروفا أو رموزا لغرض الرجوع إليها بالنسبة للمهندسين المصممين ضمن الكود المعمول به في تلك الدول . ويعد النظام الدولي IEC الموحد من أفضل ما يمكن إتباعه في هذا المجال ، وبالنظر لكون الجداول الخاصة بسعات نقل التيار للأسلاك والكيبلات الكهربائية تعتمد على أساليب وطرق مدها ، فمن الضروري جدا التعرف والإلمام بالرموزالمستخدمة لهذا الغرض . ويبين الجدول (2-3) طرائق التركيب أو المد أو التأسيس المرجعية للأسلاك و الكيبلات الكهربائية المنصوص عليها في النظام الدولي وكذلك الكود العربي . وقد تختلف هذه الرموز من دولة إلى أخرى إلا أنها متقاربة في الترميز نوعاً ما .

4-2 سعات نقل التيار Current – Carrying Capacities للكيبلات والاسلاك

لغرض تأمين فترة خدمة مقبولة للموصل أو الناقل وكذلك العازل في الكيبلات والأسلاك الكهربائية المعرضين للتاثيرات الحرارية الناجمة عن نقل التيار لفترات طويلة في الخدمة الإعتيادية ، يجب أن يصمم مقطع الناقل للكيبل بحيث لايؤدي التيار المار عبره ولفترات دائمة خلال التشغيل الإعتيادي إلى تجاوز درجة الحرارة الحدية الواردة في الجدول (2-1) ، ويتم حساب قيمة التيار باستخدام الطرق المعروفة أو بالإختبار. وفي كل الأحوال يجب الأخذ بعين الإعتبار خصائص الحمل وفقاً لطرائق التركيب الواردة في الجدول (2- 3) . و تعطي سلسلة الجداول من (2- 5) إلى (2- 12) الآتية سعات نقل التيار لنواقل النحاس والألمنيوم بعوازل PVC و XLPE وكذلك العازل من نوع EPR .

سعات نقل التيار للكيبلات المطمورة في الارض

تختلف سعات نقل التيار للكيبلات المطمورة (المدفونة) في الأرض عن غيرها من أساليب مد الكيبلات كون ان الكيبل المدفون في الأرض يتأثر بدرجة حرارة التربة والحرارية النوعية لها حيث أن الحرارة المتولدة داخله نتيجة لمرور التيار لايمكن أن تتبدد بسهولة . ويجب أخذ هذه العوامل في حساب سعة نقل التيار للكيبل المدفون في الأرض بعين الإعتبار.

وتجدر الإشارة إلى أن جداول سعات نقل التيار للكيبلات المطمورة في الأرض المعطاة في هذا الكتاب تم حسابها لمقاومية حرارية للتربة Soil thermal resistivity مقدارها (2.5) كلفن . متر / واط وتعتبر هذه القيمة ضرورية كوقاية للإستخدام في أنحاء العالم كافة . أما في الأماكن التي تكون فيها المقاومية الحرارية الفعالة للتربة أعلى من (2.5) كلفن متر / واط فيجب إجراء تخفيض مناسب في سعة نقل التيارأو إستبدال التربة حول الكيبل بمواد أكثر ملائمة كما في الأراضي شديدة الجفاف . ويبين الجدول (2-4 (أ)) قيما لعوامل تصحيح المقاومية الحرارية للتربة عن (2.5) كلفن متر/ واط . وفق المواصفة

الدولية IEC60287. أما إذا لم تكن المقاومية الحرارية للتربة معروفة فتستخدم القيم التقريبية المعطاة في الجدول (2-4(ب)) .

جدول (2-3) الطرق المرجعية للتمديد أو التأسيس أو التثبيت للكيبلات والأسلاك الكهربائية

رمز الطريقة	التفاصيل
A_1	**أسلاك أو كيبلات مفردة Single- core في إنبوب مدفون في جدار معزول حرارياً أو داخل الأسمنت أو القوالب أو أطر الأبواب أو الشقوق في الجدران .**
A_2	**كيبل متعدد النواقل Multi-core مدفون داخل أنبوب ضمن جدار معزول حرارياً .**
B_1	**أسلاك مفردة أو كيبلات مفردة (وحيدة الناقل) single-core داخل إنبوب أوإطار مثبت مباشرة على جدار جيد العزل أو تحت البياض (التجصيص) (يشمل أيضا الخنادق الأرضية المهواة) .**
B_2	**كيبل متعدد الأسلاك أو النواقل Multi-core في أنبوب مثبت على جدار جيد العزل كالخشب أو هناك مسافة خلوص بينه وبين الجدار أقل 0.3 مرة من قطر الكيبل الكلي .**
C	**كيبل مفرد (وحيد) أو متعدد النواقل مثبت مباشرة (بدون أنابيب) على الجدار أو يدفن داخل هذا الجدار أو مثبت على حامل كيبلات غير مثقب أفقي أو شاقولي .**
D	**كيبل متعدد النواقل أو مفرد في (خندق) ضمن الأرض إما أن يكون الكيبل موضوعا داخل أنبوب أو مطمور مباشرة في الأرض بدون حماية ميكانيكية أو مع حماية ميكانيكية.أنظر النماذج (من 1 إلى 5) .**

	تابع جدول (2-3)
E	كيبل متعدد النواقل في الهواء الطلق الخلوص عن الجدار لا يقل عن 0.3 مرة بقدر قطر الكيبل أو موضوع على حامل كيبل مثقب أفقي أو شاقولي أو على دعائم أو شبك سلكي أفقي أو شاقولي أوعلى جدار ساند أو على سلالم حديدية أو محمول على حمال معلق بسلك. ≥0.3 d
F	كيبلات وحيدة الناقل (مفردة) على تماس مع بعضها في الهواء الطلق الخلوص لا يقل عن مرة واحدة أو مرتين من قطر الكيبل الواحد. موضوعة على حوامل (مماشي) كيبلات (مثقبة) أو مثبتة على دعائم جدار ساند ..الخ كما ورد في (E) أعلاه.
G	كيبلات وحيدة الناقل (مفردة) متباعدة عن بعض في الهواء الطلق التباعد بين الكيبلات مع بعضها وبين الجدار لايقل عن قطر كيبل واحد. d d
ملاحظة : عند استخدام التمديد الشاقولي للكيبلات وخاصة عندما تكون التهوية غير كافية ، فأن درجة حرارة المحيط ترتفع بشكل ملحوظ عند القمة.	

ملاحظات :

في جميع الجداول التي سترد لاحقا أخذت درجات حرارة المحيط المرجعية لحساب سعة نقل التيار كالأتي :

- 30^0 للنواقل المعزولة و الكيبلات في الهواء بغض النظر عن طريقة التمديد.
- 20^0 للكيبلات المطمورة سواء مباشرة في الأرض أو ضمن خنادق أو مجاري أرضية.

أما إذا تم استخدام الجدول واختلفت درجة حرارة المحيط في موقع الناقل أو الكيبلات عن درجة حرارة الوسط المحيط المرجعية ،فإن عامل التصحيح المناسب الوارد في الجدول (2-18) يجب أن يطبق على سعات نقل التيار. على أية حال لا حاجة لإجراء التصحيح للكيبلات المطمورة إذا تجاوزت حرارة الأرض (25) درجة مئوية لبضعة أسابيع في السنة .

جدول (2-4 (أ)) عوامل التصحيح للكيبلات الممدودة ضمن مجاري (خنادق) أرضية في تربة ذات مقاومية حرارية تختلف عن 2.5 كلفن. متر / واط حتى عمق 80 سم .

المقاومة النوعية الحرارية كلفن.متر / واط	1	1.5	2	2.5	3
عامل التصحيح	1.18	1.1	1.05	1	0.96

جدول (2-4(ب)) عوامل التصحيح للكيبلات الممدودة ضمن مجاري (خنادق) أرضية في تربة ذات مقاوميتها الحرارية غير معروفة.

طبيعة التربة	عامل التصحيح
تربة مبللة بالماء جدا	1.21
تربة مبللة	1.13
تربة رطبة	1.05
تربة جافة	1
تربة جافة جدا	0.86

سعات نقل التيار لكيبلات ممدودة بشكل متجاور

في حالة مد أكثر من كيبل في المكان نفسه فيجب في هذه الحالة أخذ عامل التخفيض لأجل المجموعة لسعة نقل التيار. إذ تسبب الحرارة المتولدة والمجالات المغناطيسية الناجمة عن مرور التيار الكهربائي في الكيبلات على خفض سعة نقل التيار للكيبل المنفرد. عليه يجب تطبيق عامل تخفيض المجموعة Grouping Factor أو ما يسمى بعامل التجاور المبين في الجدول (2-13) للكيبلات المتجاورة وحيدة الناقل . وتعد الكيبلات متجاورة (Close proximity) إذا كان التباعد بين الكيبلين أقل من ضعف قطر الكيبل الأكبر. على أية حال، يمكن تجاهل الكيبل المحمل بتيار يصل إلى أكثر من 30% من تياره المقنن ضمن المجموعة وليس أكثر ، أي أن $I = 1.3\ I_n$ حيث I_n هو التيار المقنن أو الإسمي للكيبل .

ولغرض فائدة المصممين تعطي سلسلة الجداول من (2-14) إلى (2-17) عوامل التخفيض لأجل المجموعات للكيبلات المتجاورة بحسب طرق المد والتباعد بين هذه الكيبلات كما أوردتها نشرات الشركات العالمية المعتمدة لصناعة الكيبلات والمعدات الكهربائية.

الطرق المرجعية في التمديد والتأسيس بموجب النظام البريطاني – BS

لايختلف النظام البريطاني كثيرا عن النظام الدولي في وصف الطرق المرجعية لتمديد الكيبلات بصورة عامة من حيث المبدأ . إلا ان هذا هذا النظام يعطي تفصيلا أكثر لطرق التمديد حيث هناك عشرون طريقة مفصلة في نشراته الرسمية . وتجد هذه الطرق في الملحق - 5 مع سعات نقل التيار لكل طريقة في نهاية الكتاب للفائدة حيث تم اعطاء بعض الجداول الخاصة بالكيبلات النحاسية فقط ، وينصح القارئ الكريم اذا

كان مهتما بالنظام البريطاني ان يطلع على المرجع [39] من قائمة المراجع الأجنبية ، أو المرجع [19] في قائمة المراجع العربية.

أما الرموز والمصطلحات فتختلف بالحروف المستخدمة عن النظام الدولي ويمكن تلخيصها كالاتي:

C	رمز يستخدم لعوامل التصحيح بدل الرمز K في النظام الدولي
C_a	عامل التصحيح لإجل درجات الحرارة
C_d	عامل التصحيح لإجل نوعية وسيلة الحماية فمثلا:
$C_d = 1$	للمصاهر HRC وقواطع MCBs
$C_d = 0.725$	للمصاهر شبه المغلقة
C_g	عامل التصحيح لإجل المجموعات
C_i	عامل التصحيح لإجل العزل
C_r	عامل التصحيح لإجل الدوائر المربوطة حلقيا
I_b	تيار التصميم – التيار الفعلي الذي تسحبه الدائرة (أمبير)
I_n	التيار الإسمي لوسيلة الحماية (أمبير)
I_z	التيار الذي يحسب عليه مقطع الكيبل

تجدر الملاحظة أن رموز التيارات أعلاه مطابقة تماما للرموز المستخدمة في النظام الدولي وكذلك عوامل التصحيح فبدلا من الرمز K ، يستخدم الرمز C في النظام البريطاني.كذلك بالإمكان استخدام سلسلة الجداول للنظام الدولي المعطاة في هذا الكتاب في حسابات النظام البريطاني أيضا إذا رغب المصمم باستخدام النظام البريطاني .

الطرق المرجعية في التمديد والتأسيس بموجب النظام الأمريكي - NEC

كذلك لايختلف النظام الأمريكي American National Electric Code كثيرا عن النظام الدولي في وصف الطرق المرجعية لتمديد الكيبلات بصورة عامة من حيث المبدأ ، وهو أقرب الى النظام الدولي من النظام البريطاني . ويستخدم في الدول العربية خاصة المملكة العربية السعودية كون أن جزء كبيرا من شبكتها مصمم ومنفذ وفقا للنظام الأمريكي (110 فولت ، 60 هرتز) . ويعطي الملحق – 6 في نهاية الكتاب الطرق المرجعية لهذا النظام للفائدة.

الجدول (2-5) سعات نقل التيار بالأمبير حسب طريقة التركيب المحددة في الجدول (2-3)
عازل PVC نحاس أو ألمنيوم لناقلين (موصلين) محملين درجة حرارة الناقل : 70 مئوية ،
درجة الحرارة المحيطية : 30 مئوية في الهواء ، 20 مئوية في الأرض
بالنسبة للكيبلات مدفونة تحت الارض بتربة ذات مقاومية حرارية 2.5 كلفن . م \ واط

المقطع الاسمي للناقل مم^2	طرائق التركيب في الجدول(2-3)					
	A1	A2	B1	B2	C	D
1	2	3	4	5	6	7
نحاس						تحت الارض
1.5	14.5	14	17.5	16.5	19.5	22
2.5	19.5	18.5	24	23	27	29
4	26	25	32	30	36	38
6	34	32	41	38	46	47
10	46	43	57	52	63	63
16	61	57	76	69	85	81
25	80	75	101	90	112	104
35	99	92	125	111	138	125
50	119	110	151	133	168	148
70	151	139	192	168	213	183
95	182	167	232	201	258	216
120	210	192	269	232	299	246
150	240	219	-	-	344	278
185	273	248	-	-	392	312
240	321	291	-	-	461	361
300	367	334	-	-	530	408
ألمنيوم						
2.5	15	14.5	18.5	17.5	18.5	22
4	20	19.5	25	24	25	29
6	26	25	32	30	32	36
10	36	33	44	41	44	48
16	48	44	60	54	59	62
25	63	58	79	71	73	80
35	77	71	97	86	90	96
50	93	86	118	104	110	113
70	118	108	150	131	140	140
95	142	130	181	157	170	166
120	164	150	210	181	197	189
150	189	172	-	-	227	213
185	215	195	-	-	259	240
240	252	229	-	-	305	277
300	289	263	-	-	351	313

ملاحظة : الأعمدة 3 و5 و6 و7 متوافقة مع الكيبلات ذات النواقل الدائرية حتى المقطع 16 مم^2 . أما المقاسات الأكبر فهي للكيبلات غير الدائرية ويمكن تطبيقها على النواقل الدائرية .

الجدول (2-6) سعات نقل التيار بالأمبير حسب طريقة التركيب المحددة في الجدول (2-3)
عزل EPR أو XLPE لناقلين(موصلين) محملين، نحاس أو ألمنيوم
درجة حرارة الناقل : 90 مئوية ، درجة الحرارة المحيطية : 30 مئوية في الهواء ، 20 مئوية في الأرض
بالنسبة للكيبلات مدفونة تحت الارض بتربة ذات مقاومية حرارية 2.5 كلفن . م \ واط

المقطع الاسمي للناقل مم^2	طرائق التركيب في الجدول (2-3)					
	A1	A2	B1	B2	C	D
1	2	3	4	5	6	7
نحاس						تحت الارض
1.5	19	18.5	33	22	24	26
2.5	26	25	31	30	33	34
4	35	33	42	40	45	44
6	45	42	54	51	58	56
10	61	57	75	69	80	73
16	81	76	100	91	107	95
25	106	99	133	119	138	121
35	131	121	164	146	171	146
50	158	145	198	175	209	173
70	200	183	235	221	269	213
95	241	220	306	265	328	252
120	278	253	345	305	382	287
150	318	290	-	-	441	324
185	326	329	-	-	506	363
240	424	386	-	-	599	419
300	486	442	-	-	693	474
المنيوم						
2.5	20	19.5	25	23	26	26
4	27	26	33	31	35	34
6	35	33	43	40	45	42
10	48	45	59	54	62	56
16	64	60	79	72	84	73
25	84	78	105	94	101	93
35	103	96	130	115	126	112
50	125	115	157	183	154	132
70	158	145	200	175	198	163
95	191	175	242	210	241	193
120	220	201	281	242	280	220
150	253	230	-	-	324	249
185	228	262	-	-	371	279
240	338	307	-	-	439	322
300	387	352	-	-	508	364

ملاحظة : الأعمدة 3 و5 و6 و7 متوافقة مع الكيبلات ذات النواقل الدائرية حتى المقطع 16 مم^2. أما المقاسات الأكبر فهي للكيبلات غير الدائرية ويمكن تطبيقها على النواقل الدائرية .

الجدول (2-7) سعات نقل التيار بالأمبير حسب طريقة التركيب المحددة في الجدول (2-3)
عزل PVC ثلاثة نواقل (موصلات) محملة ، نحاس أو ألمنيوم
درجة حرارة الناقل : 70 مئوية ، درجة الحرارة المحيطية : 30 مئوية في الهواء ، 20 مئوية في الأرض .
بالنسبة للكيبلات مدفونة تحت الارض بتربة ذات مقاومية حرارية 2.5 كلفن . م \ واط

المقطع الاسمي للناقل مم^2	**طرائق التركيب في الجدول (2-3)**					
	A1	**A2**	**B1**	**B2**	**C**	**D**
1	2	3	4	5	6	7
نحاس						**تحت الارض**
1.5	13.5	13	15.5	15	17.5	18
2.5	18	17.5	21	20	24	24
4	24	23	28	27	32	31
6	31	29	36	43	41	39
10	42	39	50	46	57	52
16	56	52	68	62	76	67
25	73	68	89	80	96	86
35	89	83	110	99	119	103
50	108	99	134	118	144	122
70	136	125	171	149	184	151
95	164	150	207	179	223	179
120	188	172	239	206	259	203
150	216	196	-	-	399	230
185	245	223	-	-	341	258
240	286	261	-	-	403	297
300	328	298	-	-	464	336
ألمنيوم						
2.5	14	13.5	16.5	15.5	18.5	18.5
4	18.5	17.5	22	21	25	24
6	24	23	28	27	32	30
10	32	31	39	36	44	40
16	43	41	53	48	59	52
25	57	53	70	62	73	66
35	70	65	86	77	90	80
50	84	78	104	92	110	94
70	107	98	133	116	140	117
95	129	118	161	139	170	138
120	149	135	186	160	197	157
150	170	155	-	-	227	178
185	194	176	-	-	259	200
240	227	207	-	-	305	230
300	216	237	-	-	351	260

ملاحظة : الأعمدة 3،5،6،7 متوافقة مع الكيبلات ذات النواقل الدائرية حتى المقطع 16 مم^2 . أما المقاسات الأكبر فهي للكيبلات غير الدائرية ويمكن تطبيقها على النواقل الدائرية

الجدول (2-8) سعات نقل التيار بالأمبير حسب طريقة التركيب المحددة في الجدول (2-3)
عزل XLPE أو EPR ،ثلاثة نواقل (موصلات) محملة ، نحاس أو ألمنيوم
درجة حرارة الناقل :90 درجة مئوية ، درجة الحرارة المحيطية : 30درجة مئوية في الهواء، 20 درجة مئوية في الأرض .

بالنسبة للكيبلات المدفونة تحت الارض ، التربة ذات مقاومية حرارية 2.5كلفن . م \ واط

المقطع الأساسي للناقل مم²	طرائق التركيب في الجدول (2-3)					
	A1	A2	B1	B2	C	D تحت الارض
1	2	3	4	5	6	7
النحاس						
1.5	17	16.5	20	19.5	22	22
2.5	23	22	28	26	30	29
4	31	30	37	35	40	37
6	40	38	48	44	52	46
10	54	51	66	60	71	61
16	73	68	88	80	96	79
25	95	89	117	105	119	101
35	117	109	144	128	147	122
50	141	130	175	154	179	144
70	179	164	222	194	229	178
95	216	197	269	233	278	211
120	249	227	312	268	322	240
150	285	259	-	-	371	271
185	324	295	-	-	424	304
240	380	346	-	-	500	351
300	435	396	-	-	576	396
ألمنيوم						
2.5	19	18	22	21	24	22
4	25	24	29	28	32	29
6	32	31	38	35	41	36
10	44	41	52	48	57	47
16	58	55	71	64	76	61
25	76	71	93	84	90	78
35	94	87	116	103	112	94
50	113	104	140	124	136	112
70	142	131	179	156	174	138
95	171	157	217	188	211	164
120	197	180	251	216	245	186
150	226	206	-	-	283	210
185	256	233	-	-	323	236
240	300	273	-	-	382	272
300	344	313	-	-	440	308
ملاحظة : ألأعمدة 5،6،7 ،3 متوافقة مع الكيبلات ذات النواقل حتى المقطع 16 ملم² . أما المقاسات الأكبر فهي للكيبلات غير الدائرية و يمكن تطبيقها على النواقل الدائرية .						

الجدول (2-9) سعات نقل التيار بالأمبير لطريقة التركيب C (الكيبلات ممدودة في الهواء) في الجدول (2-3) نواقل (موصلات) نحاسية مغلفة بـ PVC 600 / 1000 فولت .
درجة حرارة الناقل :70 درجة مئوية ، درجة الحرارة المحيطية المرجعية :30 درجة مئوية.

المقطع الأساسي للناقل مم^2	عدد النواقل و طريقة تركيبها - الطريقة C في الجدول (2-3)			
	كيبل وحيد الناقل	ثلاثة نواقل محملة		
		كيبل متعدد النواقل في تشكيلة ثلاثية أو رباعية	كيبلات وحيدة الناقل في تشكيلة ثلاثية	كيبلات وحيدة الناقل في تشكيلة مستقيمة
1	2	3	4	5
1.5	27	19	21	23
2.5	35	25	28	31
4	47	34	37	41
6	59	43	48	52
10	81	59	65	70
16	107	79	86	92
25	144	106	114	120
35	176	129	137	147
50	214	157	169	181
70	270	199	207	221
95	334	246	264	264
120	389	285	307	303
150	446	326	327	346
185	516	374	371	392
240	618	445	445	467
300	717	511	521	560
400	843	597	646	660
500	994	669	747	770

ملاحظة1: لكيبلات وحيدة الناقل يجب ربط الأغلفة لكل دائرة مع بعضها في كلتا النهايتين .
ملاحظة 2: بالنسبة للنواقل العارية المعرضة للمس يجب ضرب القيم بـ 0.9 .

الجدول (2-10) سعات نقل التيار بالأمبير لطريقة التركيب C (الكيبلات ممدودة في الهواء) في الجدول (2-3) نواقل (موصلات) نحاسية مغلفة بـ XLPE 600 / 1000 فولت .

درجة حرارة الناقل : 90 درجة مئوية ، درجة الحرارة المحيطية المرجعية :30 درجة مئوية.

المقطع الأساسي للناقل مم^2	عدد النواقل و طريقة تركيبها ـ الطريقة C في الجدول (2-3)		
	كيبل وحيد الناقل	ثلاثة نواقل محملة	
		كيبل متعدد النواقل في تشكيلة ثلاثية أو رباعية	كيبلات وحيدة الناقل في تشكيلة ثلاثية
1	2	3	4
1.5	33	24	26
2.5	43	32	34
4	57	42	44
6	72	54	56
10	99	74	77
16	131	98	102
25	177	133	138
35	217	162	170
50	265	197	207
70	336	250	263
95	415	308	325
120	485	359	380
150	557	412	437
185	646	457	507
240	774	564	604
300	901	649	696
400	1060	761	811
500	1252	866	940

ملاحظة1: لكيبلات وحيدة الناقل يجب ربط الأغلفة لكل دائرة مع بعضها في كلتا النهايتين .
ملاحظة 2: بالنسبة للنواقل العارية المعرضة للمس يجب ضرب القيم بـ 0.9 .

جدول (2-11) سعات نقل التيار بالأمبير لطرائق التركيب E، F، G من الجدول (2-3) عزل معدني (مسلحة)، نواقل (موصلات) نحاسية مغلفة بـ PVC 600 /1000 فولت
درجة حرارة الناقل : 70° مئوية، درجة الحرارة المحيطة المرجعية :30° مئوية

المقطع الأساسي للناقل مم^2	عدد النواقل و طريقة تركيبها - الطرق E,G,F في الجدول (2-3)				
	ناقلان محملان مزدوجان أو وحيد الناقل طريقة E أو F	ثلاثة نواقل محملة			
		متعدد أو وحيد الناقل في تشكيلة ثلاثية طريقة E أو F	وحيد الناقل متلامس طريقة F	وحيد الناقل متباعد شاقوليا طريقة G	وحيد الناقل متباعدا أفقيا طريقة G
1	2	3	4	5	6
1.5	26	22	26	28	32
2.5	36	30	34	37	43
4	47	40	45	49	56
6	60	51	57	62	71
10	82	69	77	84	95
16	109	92	102	110	125
25	142	120	132	142	162
35	174	147	161	173	197
50	215	182	198	213	242
70	264	223	241	256	294
95	317	267	289	309	351
120	364	308	331	353	402
150	414	352	377	400	454
185	472	399	426	446	507
240	552	466	496	497	565

ملاحظة1: لكيبلات وحيدة الناقل يجب ربط الأغلفة لكل دائرة مع بعضها في كلتا النهايتين .
ملاحظة 2: بالنسبة للنواقل العارية المعرضة للمس يجب ضرب القيم بـ 0.9 .
ملاحظة 3 : dd= القطر الخارجي للكيبل .

جدول (2-12) سعات نقل التيار بالأمبير لطرائق التركيب E، F، G من الجدول (2-3) عزل معدني (مسلحة)، نواقل (موصلات) نحاسية مغلفة بـ XLPE 600/ 1000 فولت ، درجة حرارة الناقل : 90 درجة مئوية، درجة الحرارة المحيطة المرجعية :30 درجة مئوية.

المقطع الأساسي للناقل مم^2	**عدد النواقل و طريقة تركيبها - الطرق E,G,F في الجدول (2-3)**				
	ناقلان محملان مزدوجان أو وحيد الناقل طريقة E أو F	ثلاثة نواقل محملة			
		متعدد أو وحيد الناقل في تشكيلة ثلاثية طريقة E أو F	وحيد الناقل متلامس طريقة F	وحيد الناقل متباعد شاقوليا طريقة G	وحيد الناقل متباعدا أفقيا طريقة G
1	2	3	4	5	6
1.5	33	24	32	34	40
2.5	43	32	38	44	51
4	57	42	51	59	68
6	72	53	65	74	85
10	99	74	90	101	115
16	131	98	118	132	150
25	177	133	160	177	200
35	217	162	197	215	246
50	265	197	238	262	298
70	336	250	302	325	374
95	415	308	373	402	460
120	485	359	437	470	536
150	557	412	500	540	610
185	646	475	581	626	694
240	774	564	697	750	792

ملاحظة1: لكيبلات وحيدة الناقل يجب ربط الأغلفة لكل دائرة مع بعضها في كلا النهايتين .
ملاحظة 2: بالنسبة للنواقل العارية المعرضة للمس يجب ضرب القيم بـ 0.9 .
ملاحظة 3 : dd= القطر الخارجي للكيبل .

الجدول (2-13) عوامل تخفيض من أجل المجموعات التي تحتوي على أكثر من دارة أو كيبل مفردالناقل . يطبق هذا الجدول على سعات نقل التيار للجداول من (2-5) إلى (2-12) .

	الترتيب (كيبلات متلامسة)	1	2	4	5	7	8	9	12	16	20	يستعمل مع سعة نقل التيار المرجعية
1	محزوم على السطح أو ضمن مجرى أو قناة أو مدفون في الجدران	1.0	0.8	0.65	0.60	0.54	0.52	0.50	0.45	0.41	0.38	(5-2) إلى (12-2) للطرق A حتى F
2	طبقة واحدة على الجدار، الأرضية أو على حامل (صينية) غير مثقب	1.0	0.85	0.75	0.73	0.72	0.71	0.70	لا ضرورة لاستخدام عامل تخفيض لأكثر من تسعة دارات أو كابلات متعددة النواقل			(9-2) حتى (10-2) للطريقة C
3	طبقة واحدة مثبتة مباشرة فوق سقف خشبي	0.95	0.81	0.68	0.66	0.63	0.62	0.61				(11-2) حتى (12-2) للطرق EوF
4	طبقة واحدة على حامل مثقب أفقي أو شاقولي	1.00	0.88	0.77	0.75	0.73	0.72	0.72				
5	طبقة واحدة على سلم أو دعائم وغيرها	1.00	0.87	0.80	0.80	0.79	0.78	0.78				

ملاحظة : تعتبر التمديدات متجاورة إذا كان التباعد بين الكيبلين أقل من ضعف قطر الكيبل الأكبر.عندما يتم مد الكيبلات على أكثر من طبقة فإن عامل التصحيح أعلاه يجب أن يضرب بالعوامل التالية: طبقتان : 0.8 ثلاث طبقات : 0.73 أربع أو خمس طبقات : 0.70

الجدول (2-14) عوامل التخفيض لأجل المجموعات لكيبلات وحيد ة الناقل (مفردة) ممدودة في الهواء ومتباعدة للمنظومات ثلاثية الطور.

1	2	3	4	5
التركيب بشكل مستوي بتباعد يساوي قطر الكيبل نفسه تقريبا (d)	**عدد الرفوف بالاتجاه الشاقولي**	**عدد الدارات في الاتجاه الافقي**		
		1	**2**	**3**
كيبلات ممدودة على الارضية	1	0.92	0.89	0.88
حاملات كيبل غير مثقبة	1	0.92	0.89	0.88
	2	0.87	0.84	0. 83
	3	0.84	0.82	0.81
	6	0.82	0.80	0.79
حاملات كيبل مثقبة	1	1.00	0.93	0.90
	2	0.97	0.89	0. 85
	3	0.96	0.88	0.82
	6	0.94	0.85	0.80
مساند كيبلات Cable Racks	1	1.00	0.97	0.96
	2	0.97	0.94	0.93
	3	0.96	0.93	0.92
	6	0.94	0.91	0.90
على مساند كيبلات أو على الجدار أو على حاملات كيبل مثقبة شاقوليا	1	0.94	0.91	0.89
	2	0.94	0.90	0.86

الجدول (2-15) عوامل التخفيض لأجل المجموعات لكيبلات وحيد ة الناقل (مفردة) ممدودة في الهواء على شكل مجاميع ثلاثية (Trefoil) في المنظومات ثلاثية الطور .

1	**2**	**3**	**4**	**5**
التركيب بشكل مثلثي بتباعد يساوي قطر الكيبل نفسه تقريبا (d)	**عدد الرفوف بالاتجاه الشاقولي**	**عدد الدارات في الاتجاه الافقي**		
		1	**2**	**3**
كيبلات ممدودة على الارضية	1	0.98	0.96	0.94
حاملات كيبل غير مثقبة	1	0.98	0.96	0.94
	2	0.95	0.91	0.87
	3	0.94	0.90	0.85
	6	0.93	0.88	0.82
حاملات كيبل مثقبة	1	1.00	0.98	0.96
	2	0.97	0.93	0. 89
	3	0.96	0.92	0.85
	6	0.94	0.90	0.83
مساند كيبلات Cable Racks	1	1.00	0.97	0.96
	2	0.97	0.95	0.93
	3	0.96	0.94	0.90
	6	0.95	0.93	0.87
على مساند كيبلات أو على الجدار أو على حاملات كيبل مثقبة شاقوليا	1	1.00	0.91	0.89
	2	1.00	0.90	0.86

الجدول (2- 16) عوامل التخفيض لأجل المجموعات لكيبلات ثلاثية الطور ممدودة في الهواء- متباعدة.

1	2	3	4	5	6	7
التركيب بتباعد يساوي قطر الكيبل نفسه تقريبا (d)	**عدد الرفوف بالاتجاه الشاقولي**	**عدد الكيبلات في الاتجاه الافقي**				
		1	**2**	**3**	**4**	**6**
كيبلات ممدودة على الارضية	1	0.97	0.85	0.78	0.75	0.71
حاملات كيبل غير مثقبة	1	0.97	0.96	0.94	0.93	0.90
	2	0.97	0.95	0. 92	0.90	0.86
	3	0.97	0.94	0.91	0.89	0.84
	6	0.97	0.93	0.90	0.88	0.83
حاملات كيبل مثقبة	1	1.00	1.00	0.98	0.95	0.91
	2	1.00	0.99	0.96	0.92	0.87
	3	1.00	0.98	0.95	0.91	0.85
	6	1.00	0.97	0.94	0.90	0.84
مساند كيبلات Cable Racks	1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	2	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96
	3	1.00	0.98	0.97	0.96	0.93
	6	1.00	0.97	0.96	0.94	0.91
على مساند كيبلات أو على الجدار أو على حاملات كيبل مثقبة شاقوليا	1	1.00	0.91	0.89	0.88	0.87
	2	1.00	0.91	0.88	0.87	0.85

الجدول (2- 17) عوامل التخفيض لأجل المجموعات لكيبلات ثلاثية الطور ممدودة في الهواء - متجاورة .

1	2	3	4	5	6	7	8
التركيب متجاورة ومتلاصقة	**عدد الرفوف بالاتجاه الشاقولي**	**عدد الكيبلات في الاتجاه الافقي**					
		1	**2**	**3**	**4**	**6**	**9**
كيبلات ممدودة على الارضية	1	0.97	0.96	0.94	0.93	0.90	0.68
حاملات كيبل غير مثقبة	1	0.97	0.85	0.78	0.75	0.71	0.68
	2	0.97	0.84	0.76	0.73	0.68	0.63
	3	0.97	0.83	0.75	0.72	0.66	0.63
	6	0.97	0.81	0.73	0.69	0.63	0.58
حاملات كيبل مثقبة	1	1.00	0.88	0.82	0.79	0.76	0.73
	2	1.00	0.87	0.80	0.77	0.73	0.68
	3	1.00	0.86	0.79	0.76	0.71	0.66
	6	1.00	0.84	0.77	0.73	0.68	0.64
مساند كيبلات Cable Racks	1	1.00	0.87	0.82	0.80	0.79	0.78
	2	1.00	0.86	0.80	0.78	0.76	0.73
	3	1.00	0.85	0.79	0.76	0.73	0.70
	6	1.00	0.83	0.76	0.73	0.69	0.66
على مساند كيبلات أو على الجدار أو على حاملات مثقبة شاقوليا	1	1.00	0.88	0.82	0.78	0.73	0.72
	2	1.00	0.88	0.81	0.76	0.71	0.70

الجدول (2-18 (أ)) عوامل التصحيح من أجل درجات حرارة الهواء المحيط المختلفة عن 30° مئوية تطبق على سعات نقل التيار للكيبلات في الهواء .

درجة حرارة المحيط مئوية	نوع العـــــــــا زل		
	PVC	EPR أوXLPE	معدني*
			مغطى بـ PVC أو عاري معرض للمس 30^{0} مئوية
10	1.22	1.15	1.26
15	1.17	1.12	1.20
20	1.12	1.08	1.14
25	1.06	1.04	1.07
35	0.94	0.96	0.93
40	0.87	0.91	0.85
45	0.79	0.87	0.77
50	0.71	0.82	0.67
55	0.61	0.76	0.57
60	0.50	0.71	0.45
65	-	0.65	-
70	-	0.58	-
75	-	0.50	-
80	-	0.41	-
85	-	-	-
90	-	-	-
95	-	-	-
* بالنسبة لدرجات حرارة الجو الأعلى من ذلك يجب استشارة الشركة الصانعة			

الجدول (2-18 (ب)) عوامل التصحيح من أجل درجات حرارة الأرض المختلفة عن 30° مئوية تطبق على سعات نقل التيار للكيبلات المطمورة تحت الأرض Direct in ground.

درجة حرارة التربة مئوية	نوع العازل	
	PVC	EPR أو XLPE
10	1.1	1.07
15	1.05	1.04
20	0.95	0.96
25	0.89	0.93
35	0.77	0.89
40	0.71	0.85
45	0.63	0.80
50	0.55	0.76
55	0.45	0.71
60	-	0.65
65	-	0.6
70	-	0.53
75	-	0.46
80	-	0.38
85	-	-
90	-	-
95	-	-

الجدول (2-19) عامل عمق الدفن للكيبلات المطمورة تحت الأرض Direct in ground أوالموضوعة في خنادق مباشرة Direct in ducts .

عمق الدفن(متر)	كيبلات ممدودة مباشرة في الأرض		كيبلات ممدودة داخل خنادق	
	عامل التقنين لحد 300 ملم^2	عامل التقنين لأعلى من 300 ملم^2	عامل التقنين (ناقل واحد)	عامل التقنين (ثلاثة نواقل)
0.80	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	0.98	0.97	0.98	0.99
1.25	0.96	0.95	0.95	0.97
1.50	0.95	0.93	0.94	0.96
1.75	0.94	0.91	0.92	0.96
2	0.92	0.89	0.91	0.95
2.5	0.91	088	0.89	0.94
3	0.90	0.86	0.88	0.93

الجدول (2-20) عامل المجموعات للكيبلات المطمورة تحت الأرض Direct in ground وفقا للتباعد Spacing بالمتر.

كيبلات وحيدة الناقل (مفردة) موضوعة بشكل أفقي ضمن منظومات ثلاثية الطور

التباعد

عدد الدارات	تباعد الدارات بالمتر 0.15	0.30	0.45	0.6
2	**0.80**	**0.84**	**0.87**	**0.89**
3	**0.69**	**0.75**	**0.79**	**0.82**
4	**0.63**	**0.70**	**0.75**	**0.79**
5	**0.59**	**0.66**	**0.72**	**0.76**
6	**0.56**	**0.64**	**0.70**	**0.74**
7	**0.53**	**0.62**	**0.68**	**0.73**
8	**0.52**	**0.60**	**0.67**	**0.72**
9	**0.50**	**0.59**	**0.66**	**0.71**
10	**0.49**	**0.58**	**0.65**	**0.71**
11	**0.48**	**0.57**	**0.65**	**0.70**
12	**0.47**	**0.57**	**0.64**	**0.70**

الجدول (2-21) عامل المجموعات للكيبلات المطمورة تحت الأرض Direct in ground
وفقا للتباعد Spacing بالمتر

كيبلات وحيدة الناقل (مفردة) موضوعة بشكل مثلثي Trefoil أو بشكل أفقي متلاصقة ثلاثية الطور		تباعد الدارات - متر			
(مثلثي Trefoil)	(مد أفقي Laid flat)	0.15	0.30	0.45	0.60
0.78	0.80	0.82	0.86	0.89	0.91
0.66	0.68	0.71	0.77	0.80	0.83
0.59	0.62	0.65	0.78	0.77	0.80
0.55	0.58	0.61	0.68	0.74	078
0.52	0.55	0.58	0.66	0.72	0.76
0.49	0.52	0.56	0.64	0.70	0.75
0.47	0.50	0.54	0.63	0.69	0.74
0.45	0.48	0.52	0.61	0.68	0.74
0.44	0.47	0.51	0.61	0.68	0.73
0.43	0.46	0.50	0.0.6	0.67	0.73
0.41	0.45	0.49	0.59	0.67	0.72

الجدول (2-22) عامل المجموعات للكيبلات المطمورة تحت الأرض وفقا لمسافة تباعدها بالمتر.

كيبلات ثلاثية الناقل Three Core Cables ممدودة مباشرة تحت الأرض بصورة أفقية — التباعد					
عدد الكيبلات في المجموعة	مسافة التباعد بالمتر				
	0.00	**0.15**	**0.30**	**0.45**	**0.6**
2	0.80	0.85	0.89	0.91	0.93
3	0.68	0.76	0.81	0.84	0.87
4	0.62	0.71	0.77	0.81	0.84
5	0.57	0.66	0.73	0.78	0.82
6	0.54	0.64	0.71	0.77	0.81
7	0.51	0.61	0.69	0.75	0.79
8	0.49	0.59	0.68	0.74	0.79
9	0.47	0.58	0.67	0.73	078
10	0.45	0.57	0.66	0.73	0.78
11	0.44	0.55	0.65	0.72	0.77
12	0.43	0.54	0.64	0.77	0.77

2- 5 كيفية إختيار الحجم المناسب للكيبل

مما مر سلفاً نستنتج أن هناك عوامل عديدة تؤثر على سعة نقل التيار للناقل أو الموصل المستخدم في الكيبل وبالتالي فأن اختيار الحجم المناسب لناقل (موصل) الكيبل لغرض معين يستوجب معرفة المعلومات التالية :

1. طول الكيبل
2. التيار الأقصى المار بالكيبل (التيار التصميمي)
3. الطريقة والوسط الذي يمد فيه الكيبل
4. درجة الحرارة المحيطة
5. نوع الموصل المستخدم
6. عامل المجموعة
7. هبوط الجهد أو الفولتية

2-5-1 التيارالأقصى (التيار التصميمي) I_b والتيارالذي يحسب عليه مقطع الكيبل I_Z

يتم حساب مساحة مقطع الكيبل بعد معرفة تيار الحمل الأقصى (التيار التصميمي) الذي يحمله وكذلك حساب عامل التصحيح Correction factor الذي يأخذ النقاط التي ذكرت بعين الإعتبار. وفي بعض الكتب المرجعية يسمى هذا العامل أيضا بعامل تخفيض التقنين أو السعة Derating factor وقد يشمل أيضا على عوامل أخرى غير تلك المذكورة في أعلاه حسب اجتهاد المصمم وخبرته وظروف بلده. على أية حال فإن التيار الذي يحسب منه مقطع الكيبل الملائم وفقا للمعادلة الآتية :

$$\text{التيار الذي يحسب منه مقطع الكيبل } I_Z = \frac{\text{التيار التصميمي}}{\text{عامل التصحيح}} = \frac{\text{Design current}}{\text{Correction factor}}$$

ونحسب عامل التصحيح كما يأتي:

- للكيبلات غير المطمورة في الأرض:

عامل التصحيح = عامل التخفيض لدرجة الحرارة المحيطة ×عامل التخفيض للمجموعة

- للكيبلات المطمورة في الأرض:

عامل التصحيح = عامل التخفيض لدرجة الحرارة المحيطة ×عامل مقاومية التربة × عامل التخفيض للمجموعة × عامل عمق الدفن.

2-5-2 حسابات هبوط الفولتية ΔV

للكيبلات والأسلاك القصيرة التي لا يتجاوز طولها 30متراً يمكن إهمال حساب هبوط الفولتية أما الكيبلات والأسلاك التي تزيد أطوالها على 30مترا (الطويلة) فيجب الأخذ بعين الإعتبار عامل الهبوط بالفولتية وتأثيره على حساب حجم الكيبل. تتم دراسة المعلومات أعلاه وتثبت عواملها لغرض حساب حجم الكيبل المناسب بحيث لا تتجاوز كمية الهبوط بالفولتية الكلية لجهة المستهلك عن النسبة المتفق عليها دولياً للتمديدات الكهربائية وهي :

	الإنارة Lighting	القدرة Power
	3%	5%
230 فولت – طور واحد	6.9 فولت	11.5 فولت
400 فولت – ثلاثة أطوار	12 فولت	20 فولت

وبالرجوع إلى جداول الكيبلات، بعد معرفة حساب تيار الحمل والفولتية والظروف المشار إليها سلفا لتشغيل الكيبل التي يحسب على أساسها عامل التصحيح ، يتم إختيار حجم الكيبل المناسب. وإذا كان التيار المحسوب لا يقع ضمن الأرقام الموجودة في الجدول فأنه يتم إختيار الحجم الأعلى المقارب له. على أية حال سوف نشرح فيما يأتي كيفية حساب الهبوط بالفولتية واستنتاج المعادلات الرياضية الخاصة بها.

1- حساب الهبوط بالفولتية بطريقة التيار I والممانعة Z والطول l (المسافة) :

- للدوائر ثلاثية الطور يكون الهبوط في الفولتية نتيجة لممانعة الأسلاك والكيبلات كما يأتي :

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I \times Z = \frac{\sqrt{3} \times I \times Z' \times distance}{1000}$$

حيث أن : Z' = الممانعة بالأوم لكل كيلومتر للموصل . و Z هي الممانعة الكلية بالأوم .

2- حساب الهبوط بالفولتية بطريقة القدرة P والمقطع العرضي للكيبل A والطول l :

لما كانت $Z = (R\cos\varphi + X\sin\varphi)$

حيث: R = المقاومة بالأوم و X = المفاعلة بالأوم و $\cos\varphi$ = عامل القدرة

وباهمال المفاعلة X تكون المعادلة أعلاه كالآتي :

$$\Delta V = \sqrt{3}\, I\, R\cos\varphi$$

وبضرب المعادلة أعلاه بـ V_r (الفولتية المقننة) وقسمتها عليه ينتج :

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} V_r I R\cos\emptyset}{V_r}$$

وحيث أن القدرة الكلية بالواط هي : $P = \sqrt{3}\, I\, V_r \cos\varphi$.

وبتعويض $R = \rho l / A$ حيث l = طول السلك أو الكيبل بالمتر و A هي مساحة المقطع العرضي للسلك أو الناقل بالملمتر المربع ، أما ρ فهي المقاومة النوعية للناقل وتكون في درجة حرارة 20 مئوية وعازل نوع PVC كالآتي (ولقيمها بدرجات حرارة أخرى ؛ راجع الفصل السابع – جدول 7-5) :

نحاس : $\rho = 18.51x10^{-3}\ \Omega.m$

ألمنيوم : $\rho = 29.41x10^{-3}\ \Omega.m$

وبتعويض القيم في المعادلة أعلاه نحصل على معادلة عامة أخرى لحساب هبوط الفولتية في الدوائر ثلاثية الطور وكالآتي :

$$\Delta V = \frac{P.l}{\sigma .V_r\ .A}$$

حيث يشير الرمز σ الى التوصيلية وهي قيمة مقلوب المقاومة النوعية ($\frac{1}{\rho}$) فلكيبلات النحاس المشار اليها سلفا، ($\sigma = 54 = \frac{1}{18.51\ x10^{-3}}$) .

وبدلالة التيار يمكن ان تصبح هذه المعادلة بالصيغة التالية :

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3}\ \text{x l x I x}\cos\varphi}{54\ \text{x A}}$$

من هذه المعادلة يمكن كذلك حساب مساحة مقطع الكيبل أو السلك اللازم لنقل قدرة معينة ولمسافة معينة بتحديد هبوط الفولتية المطلوب بإعادة ترتيبها بحيث تصبح كالآتي:

$$A = \frac{P.\ l}{54\ .V_r\ .\Delta V}$$

مثال : إحسب مقطع الكيبل المطلوب لتغذية حمل كهربائي ثلاثي الطور قدرته 50 kW من مصدر تغذية 400V يبعد عنه مسافة 100 متر علما ان هبوط الفولتية يجب أن لا يتجاوز 2% .

الحل : نحسب أولا الهبوط بالفولتية :

$$\Delta V = \frac{\%\Delta v}{100} xV_r = \frac{2}{100} x400 = 8\ V$$

بعد ذلك نطبق المعادلة الخاصة بالمقطع العرضي المطلوب :

$$A = \frac{50000\text{x}100}{54\text{x}400\text{x}8} = 28.93\ \text{mm}^2$$

من الناتج أعلاه يكون أقرب مقطع للكيبل هو 35 ملمتر مربع ،لكن هذا المقطع سوف يسبب بهبوط فولتية مقداره :

$$\Delta V = \frac{50000x100}{54x400x35} = 6.6\ V$$

أي أقل من نسبة 2% المطلوبة ، لذا نختار مقطع الكيبل ليكون 35 ملمتر مربع .

3- حساب الهبوط بالفولتية لكيبلات ثلاثية الطور وفق المعادلة التالية (معادلة الملي فولت) :

$$\Delta V = \frac{(mV/A\ \ /m).I.l}{1000}$$

حيث نحصل على قيمة $(mV/A\ \ /m)$ وهي قيمة الهبوط بالفولتية بالملي فولت لكل أمبير لكل متر من الجدول (2-24) الذي يعطي الخواص الكهربائية للكيبلات والوارد في الفقرة 2-5-3 التالية .

- **هبوط الفولتية في الدوائر أحادية الطور :** يمكن استخدام المعادلة في (3) أعلاه بعد معرفة $(mV/A\ \ /m)$. أو يحسب الهبوط في الفولتية لدوائر أحادية الطور وفقا للمعادلة التالية :

$$\Delta\ V=2\ I\ Z\ \ = 2\ I\ l\ \ (R'cos\varphi+X'sin\varphi)$$

حيث : l = طول أو مسافة الناقل باتجاه واحد ، R' = المقاومة لكل كيلومتر و X' = المفاعلة لكل كيلومتر.ويمكن أيضا إهمال قيمة المفاعلة إذا كانت اطوال الأسلاك أو الكيبلات أقل من 1000 متر.أو أن تكون قياساتها أقل من 16 ملمتر مربع في كل الأحوال .وينطبق هذا أيضا على الدوائر ثلاثية الطور . كذلك يمكن الحصول على قيم R' و X' من الجدول (2-23) ، حيث يمكن حساب قيمة الفولتية المضبوطة لدوائر ثلاثية الطور بغض النظر عن طول الكيبل ومقطعه العرضي إذا ما أريد ذلك وباستخدام المعادلة الآتية :

$$\Delta\ V= \sqrt{3}\ I\ l\ (R'\ cos\varphi+X'\ sin\varphi\ )$$

الجدول(2-23) قيم R' وX' للكيبلات النحاس

المقطع العرضي (mm^2) وعدد النواقل	R' Ω/كم (في درجة حرارة 70 مئوية)	X' Ω/كم (في درجة حرارة 70 مئوية)
4x1.5	14.47	0.115
4x2.5	8.71	0.110
4x4	5.45	0.107
4x6	3.62	0.100
4x10	2.16	0.094
4x16	1.36	0.090
4x25	0.863	0.086
4x35	0.627	0.083
4x50	0.463	0.083
4x70	0.321	0.082
4x95	0.232	0.082
4x120	0.184	0.080
4x150	0.150	0.080
4x185	0.1202	0.080
4x240	0.0922	0.079
4x300	0.0745	0.079

ملاحظة : يمكن اهمال قيمة R' للكيبلات ذات مقطع اكبر من $500mm^2$.

2-5- 3 الجدول القياسي للخواص الكهربائية للكيبلات

يحتاج المصمم الى جداول قياسية تعطي الخواص الكهربائية للكيبلات مثل ممانعة الكيبل Z_c التي تساوي R_c+jX_c ، حيث R_c هي مقاومة الكيبل و X_c هي مفاعلة (مراكسة)الكيبل.وكذلك يحتاج الى مقدار الهبوط بالفولتية لكل أمبير لكل مترطول للكيبل لحساب مقاطع الاسلاك والكيبلات في التمديدات الكهربائية للأبنية ،كما أنه يحتاج لمعرفة مقدار تحمل الكيبل لتيار قصر الدارة الأقصى ، ويعطي الجدول (2-24) هذه القيم .

الجدول (2-24) جدول الخواص الكهربائية للكيبلات **Electrical properties for cables**

هبوط الفولتية ملي فولت/ أمبير / متر	الممانعة أوم/ كيلومتر	قياس الكيبل بالملمتر المربع
Volt drop (mV/A/m)	**Impedance Z' (Ω/km)**	**Cable size (mm2)**
25.080	14.48	1.5
15.363	8.87	2.5
9.561	5.52	4
6.391	3.69	6
3.793	2.19	10
2.390	1.38	16
1.515	0.8749	25
1.097	0.6335	35
0.817	0.4718	50
0.576	0.3325	70
0.427	0.2460	95
0.348	0.2012	120
0.294	0.1698	150
0.250	0.1445	185
0.211	0.1220	240
0.140	0.1090	300

ملاحظة : وضع هذا الجدول للكيبلات النحاسية بعزل PVC محسوبا لدرجة حرارة 30 مئوية.

2-5 -4 أمثلة تطبيقية

مثال 2-1:

جد سعة نقل التيار لكيبل بالمواصفات التالية:

- ثلاثي النواقل نحاس محزوم.
- نوع العازل XLPE.
- المقطع العرضي لكل ناقل (موصل) 240ملم^2.
- وضعت أربعة كيبلات من النوع نفسه أفقيا على حامل مثقب (Tray).
- الحرارة المحيطة 40 درجة مئوية.

الحل :

(1) عين طريقة التركيب من الجدول (2-3) ⟸ "E"

(2) جد سعة نقل التيار لكيبل نحاس بعازل XLPE من الجدول (2-12) لطريقة التركيب E وهي 564 أمبير في درجة حرارة 30مئوية.

(3) جد عامل المجموعة لأربعة كيبلات من الجدول (2-17) لعوامل التخفيض للمجموعات المؤلفة من أكثر من كيبل متعدد النواقل لطريقة التركيب E .

عدد الحوامل= 1

عدد الكيبلات = 4

عامل التخفيض ⟸ $K_1 = 0.79$ (العمود 6)

(4) جد تأثير اختلاف درجة الحرارة المحيطة (40 درجة مئوية) من عامل التخفيض الخاص بالحرارة من الجدول (2- 18)

عامل التخفيض لدرجة حرارة 40 ⟸ $K_2 = 0.91$

عامل التصحيح = عامل التخفيض للمجموعات × عامل التخفيض لدرجات الحرارة

أي أن :

$$\text{Overall derating} = K_1 \,.\, K_2 = 0.79\ x\ 0.91 = 0.718$$

سعة نقل التيار للكيبل 240 ملم^2 ستكون على هذا الأساس :

سعة نقل التيار الفعلية = $564\ x\ 0.718 = 405$ أمبير .

مثال 2-2 :

ما هو أقل حجم كيبل مطلوب لتجهيز حمل ثابت يسحب تيار مقداره 135 أمبير مع العلم انه توجد محددات تصميمية كالأتي:

- إستخدام كيبل بعازل PVC ثلاثي الطور (ثلاثة نواقل فقط)
- وضعت سبعة كيبلات من النوع نفسه مجاورة لبعضها على الحامل نفسه
- درجة حرارة المحيط : 40 درجة مئوية
- طريقة التركيب E

الحل :

(1) جد عوامل التخفيض لطريقة التركيب "E"

- عامل تخفيض المجموعة من الجدول (2-17) لسبعة كيبلات (اعتباره نفسه لستة كيبلات)

$K_1 = 0.76$

- عامل تخفيض درجة الحرارة لكيبل PVC من الجدول (2- 18)

$$K_2 = 0.87$$

(2) جد عامل التصحيح Correction factor

عامل التصحيح = $K_2 \, x \, K_1 = 0.87x0.76 = 0.661$

عليه تكون سعة نقل التيار Iz = التيار التصميمي / عامل التصحيح

= 135 / 0.661 = 204 أمبير

من الجدول (2-11) [العمود 3] نجد أن قياس أو حجم الكيبل المطلوب هو 70 ملم^2 .

مثال 2-3 :

المسافة بين كيبلين للفولتية المنخفضة 400 فولت مدفونان في الارض بعمق 1 متر هي (0.3 م). مقاومية التربة الحرارية هي (1.5) كلفن.متر/ واط ودرجة حرارة المحيط هي (35مئوية) علما أن التيار المار بكل منهما نتيجة الحمل هو (200 أمبير) ونوع الكيبل (نحاس بعازل PVC مسلح) . إحسب حجم كل كيبل والهبوط بالفولتية فيه إذا كانت المسافة من مصدر التغذية والحمل لكل منهما هي 250 متر، علما أن نسبة الهبوط بالفولتية يجب أن لاتتجاوز 2.5%.

الحل :

من الجداول المرفقة الخاصة بأحجام الكيبلات و العوامل المؤثرة يمكن إيجاد حجم الكيبل المناسب كما يأتي :

1. من جدول رقم (2-7)

بصورة مبدئية وبدون أخذ العوامل المؤثرة بنظر الإعتبار وبإستعمال الجدول رقم (2-7) - العمود (7) يكون حجم الكيبل هو (120ملم^2) ومن الجداول رقم (2-4) و (2-18) و(2 –19) و(2-22) يمكن إيجاد عامل التصحيح بالنسبة لكل من تأثيرات مقاومية التربة الحرارية ودرجة الحرارة وعمق الدفن وعامل المجموعة كالأتي:

إيجاد عوامل التصحيح:

- عامل التصحيح لمقاومية التربة الحرارية لـ 1.5 كلفن متر/ واط =1.1 جدول (2-4)
- عامل التصحيح لدرجة حرارة المحيط لـ 35 درجة مئوية = 0.77 جدول(2-18 (ب))
- عامل التصحيح للمجموعات (تباعد 0.3 م) = 0.89 جدول (2-22)
- عامل التصحيح لعمق الدفن (1متر) = 0.98 جدول (2-19)

وبذلك يكون عامل التصحيح الكلي = 1.1× 0.77× 0.89 × 0.98 = 0.74

ويدعى أيضا بعامل تخفيض السعة الكلي Derating factor للكيبل نتيجة للظروف المحيطة به آخذين بعين الإعتبار أيضا طريقة المد ضمن الجدول (2-3) من البداية. عليه يكون التيار الفعلي للكيبل:

$$\text{التيار الفعلي للكيبل } Iz = \frac{\text{تيار الحمل الأصلي}}{\text{عامل التصحيح الكلي}} = \frac{200}{0.74} = 269 \text{ أمبير}$$

لاحظ أنه بالرغم من أن الحمل يحتاج لتيار 200 أمبير إلا أن الكيبل اللازم لحمل هذا التيار يجب أن تكون سعة نقله لتيار Iz مقداره 269 أمبير . عليه نرجع الى الجدول رقم (2-7) ونختار حجم الكيبل المناسب لهذا التيار وهو 240 ملم^2 (العمود 7 نفسه) .

2- حساب الهبوط بالجهد أو الفولتية

بعد ان تم حساب مقطع الكيبل نستخدم المعادلة التالية لحساب الهبوط بالفولتية لكيبلات النحاس :

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \text{ x l x I x } \cos\varphi}{54 \text{ x A}}$$

حيث أن :

l : طول الكيبل بالمتر

I : التيار الفعلي بالأمبير

A : المقطع العرضي للكيبل (الناقل) ملم^2

54 : التوصيلية للنحاس (conductivity) بدرجة حرارة 20 مئوية.

ΔV: الهبوط بالفولتية (فولت)

cosφ:عامل القدرة ويؤخذ عادة 0.8

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3}x250x269x0.8}{54x240} = 7.19V$$

والآن ندقق نسبة الهبوط بالفولتية :-

بما إن الفولتية المستخدمة هي 400 فولت فإن 2.5% منها تساوي 10 فولت ؛ وحيث ان الهبوط هو ΔV= 7.19 فولت نستنتج بأننا لم نتجاوز النسبة المطلوبة لهبوط الفولتية وهي 2.5 بالمائة، عليه يكون حجم الكيبل 240 ملم^2 ملائم جداً للمسافة المطلوبة.

مثال 2-4 :

دائرة كهربائية صغيرة يراد تمديدها باستخدام كيبل قياس $3x\ 2.5\ mm^2$ (سلكان + أرضي) نوع، PVC بطول 32 متر . الحمل المطلوب تجهيزه عبارة عن سخان ماء قدرة 4.2 kW . تم الاقتراح بتمديد هذه الدائرة داخل إطار بلاستك صغير Mini trunk يحتوي على دائرة أخرى في محيط درجة حرارته 35°C ؛ فاذا كان أقصى هبوط بالفولتية المسموح به هو 7 V ، حقق فيما إذا كان الكيبل المطلوب استخدامه $3x\ 2.5\ mm^2$ يفي بالغرض أم لا وخلافه إحسب قياس الكيبل المناسب .

الحل :

نحسب التيار التصميمي I_b :

$$I_b = \frac{P}{V} = \frac{4.2\ x1000}{230} = 18.26\ A$$

في هذا المثال تم تمديد الكيبل داخل إطار بلاستك . أي ان طريقة التمديد تكون B2 (الجدول (2-5).

وبما أن الكيبل يجري تمديده مع كيبل لدائرة أخرى مجاورة ضمن الإطار نفسه فان عامل التصحيح من أجل المجموعات K_1 هو 0.8 من الجدول (2-13) .

أما عامل التصحيح لدرجات الحرارة 35°C فمن الجدول (2-18) فيكون $K_2 = 0.94$.

وباستخدام عاملي التصحيح المذكورين يكون التيار الذي يحسب عليه الكيبل :

$$I_z \geq \frac{I_b}{K_1.K_2} = \frac{18.26}{0.8x0.94} = 24.29\ A$$

وهذه هي القيمة الدنيا التي يجب على الكيبل أن يحملها . ومن الجدول (2-5) العمود5 نجد أن الكيبل قياس $3x\ 2.5\ mm^2$ يستطيع حمل تيار مقداره 23 امبير تحت هذه الظروف اي انه غير كاف في هذه الحالة لذا يجب ان نختار مقطع أكبر وهو $4\ mm^2$ الذي يستطيع حمل تيا ر 30A تقريبا.

ولاجل تدقيق الهبوط بالفولتية لهذا الكيبل نستخدم الجدول (2-24) والمعادلة التالية :

$$\Delta V = \frac{(mV/A\ \ /m).I.l}{1000} = \frac{9.56x18.26x32}{1000} = 5.57V$$

حيث أن $(mV/A\ \ /m) = 9.56$ للكيبل $4\ mm^2$.و L= 32 m هو طول الكيبل.

ولما كان الهبوط بالفولتية 5.57V هو أصغر من 7 فولت فان الكيبل $4\ mm^2$ يكون كافيا للغرض المطلوب.

6-2 حساب تيار قصر الدارة للكيبلات Calculation of Short Circuit Current

يدخل في تصميم وإختيارحجوم الكيبلات الكهربائية حساب تيار قصر الدارة الناجم عن الأعطال التي تتعرض لها الكيبلات و المتسببة عن الإخفاق الكلي أو الجزئي للعازل بين ناقل طور وآخر؛ وحدوث قصر الدارة بينهما أو تعرض أحد الأطوار إلى عطل التأريض مع معدن تسليح الكيبل المؤرض. أو قد تتعرض الأطوار الثلاثة إلى قصر الدارة بينها عندما تقطع ماكنة حفر ميكانيكية وبسرعة الكيبل كله.

وكما نعرف في دراستنا للأعطال في منظومة ثلاثية الطور فإن الأعطال تكون على نوعين رئيسيين:

1- العطل الثلاثي الطور المتماثل Symmetrical Three-Phase Fault: ويحدث هذا العطل بين الأطوار (الخطوط) الثلاثة جميعها دون الإتصال بالأرض .

2- العطل غير المتماثل Asymmetrical Fault : وهو الذي يحدث بالأنواع التالية :

(أ) عطل طور (خط) إلى الأرض Line to ground fault.

(ب) عطل طور (خط) إلى طور(خط) آخر Line to Line fault.

(ج) عطل طورين (خطين) إلى الأرض Line to Line to ground fault

(د) عطل ثلاثة أطوار (خطوط) إلى الأرضThree line to ground fault.

إن العطل ثلاثي الطور المتماثل وعطل الطور الواحد إلى الأرض هما أسوأ حالات العطل ويؤخذ عادة أحدهما كمرجع لحساب تيارات قصر الدارة . وفي العموم يؤخذ العطل الثلاثي الطور المتماثل كمرجع لهذه الحسابات في هذا الكتاب. وينجم عن أعطال قصر الدارة التأثيرات التالية على الكيبلات :

(1) الاجهادات الحرارية Thermal Stresses : حيث ترتفع درجة حرارة الموصل (الناقل) عند حدوث العطل إلى درجات عالية جداً قد تؤدي إلى ذوبانه و تلفه إذا لم يتم حمايته بواسطة المصهر (الفيوز) أو قاطع الدائرة . لذلك يجب الأخذ بعين الإعتبار حساب الوقت اللازم لعزل العطل بأسرع وقت بواسطة تنظيم مرحلات الحماية (Relays) لقواطع الدائرة المستخدمة في الحماية .

(2) الاجهادات الديناميكية (الميكانيكية) Dynamic Stresses : إن الإجهادات الديناميكية الناجمة عن القوى الميكانيكية تتناسب عموماً مع مربع ذروة تيار قصر الدارة في حالة الأعطال غير المتماثلة. لذا فإن هذه القوى تؤثر في العموم على أماكن ربط الكيبلات في نهاياتها وكذلك في الروابط (Joints) الموجودة ضمن المسافات التي يمد فيها الكيبل . وتظهر هذه الحالة بصورة مؤثرة في الكيبلات غير المسلحة. أما في الكيبلات المسلحة متعددة النواقل فإن الاجهادات الديناميكية تمتص من قبل معادن التسليح المستخدمة وتقلل بصورة كبيرة من تأثيرها.

مما مر في أعلاه فان العطل يجب أن يزال بأسرع وقت ممكن وخاصة بالنسبة للإجهادات الحرارية ويبين الجدول (2 – 25) القيم المعتمدة دوليا لتحديد أقصى درجة حرارة يمكن ان يتحملها الناقل النحاسي في حالات عطل قصر الدارة .

الجدول (2 – 25) القيم المعتمدة دوليا لتحديد أقصى درجة حرارة يمكن ان يتحملها الناقل النحاسي في حالات عطل قصر الدارة

فولتية الكيبل العاملة (المقننة) (فولت)	القيمة المتفق عليها لأقصى درجة حرارة للناقل في حالة حدوث عطل قصر الدارة (درجة مئوية°C)
لحد 6000	**160**
من 6000 - 20000	**140**
من 20000 - 30000 فما فوق	**120**

وعندما نذكر سعة القطع (المزق) بالميغا فولت أمبير(MVA) عند التكلم عن العطل فيجب أن يفهم بوضوح إن الفولتية التي يضرب بها تيار العطل لإعطاء الفولت أمبير هي الفولتية المقررة أو المقننة (مثلا 400 فولت في حالة الفولتية المنخفضة) لذلك الجزء من المنظومة وليست الفولتية الفعلية عند مكان العطل أو على قاطع الدائرة .

ويدخل زمن أو فترة بقاء العطل قبل إزالته بواسطة أجهزة الحماية كعامل مهم في حساب تيارقصر الدارة. والأزمان القياسية المتبعة دوليا لهذا الحساب هي 0.2 ثانية أو ثانية واحدة او ثلاث ثوان .

وكذلك يدخل عامل آخر يدعى بثابت قصر الدارة ويرمز له بالحرف (K) يعطى في الجداول لكل نوع معين من الكيبلات وكما يأتي :

K=115 للكيبلات النحاسية ذات عزل PVC دون 1000 فولت .

K=143 للكيبلات النحاسية ذات عزل XLPE دون 1000 فولت .

K=76 لكيبلات الألمنيوم ذات عزل PVC دون 1000 فولت .

K=97 لكيبلات الألمنيوم ذات عزل XLPE دون 1000 فولت .

إن قيم K المذكورة أعلاه هي قيم متوسطة .وبصورة عامة يمكن استخدام الجداول التي تعطي قيمة K المضبوطة (الجدول 2-26) عند أية درجة حرارة.

أما العلاقة السريعة لحساب تيار قصر الدارة لأي مقطع من مقاطع الكيبلات ولأي زمن محدد لإزالة العطل المذكورة في أعلاه فأن

$$I_{sc} = \frac{K.A}{\sqrt{t}} \quad \text{Ampere}$$

حيث أن :

I_{sc} = تيار قصر الدارة بالأمبير

K = ثابت قصر الدارة للكيبل

A = مساحة المقطع العرضي للكيبل بالمليمتر المربع

t = زمن إزالة (إبراء) العطل بالثواني المستخدم للحماية

وهذه المعادلة تسمى بالمعادلة الحرارية (ألأدياباتية) وهي مهمة جدا في حساب مقاطع الكيبلات.

كما انه يمكن استخراج قيمة $I_{s.c}$ مباشرة من الجدول رقم (2-27) بعد تحديد حجم الكيبل وزمن (فترة) العطل بالثواني . وهذه الجداول معدة وفق المواصفة البريطانية BS No.6346 لسنة 1969 .

مثال 2-4 :

إحسب تيار العطل الأقصى الذي يتحمله كيبل فولتية منخفضة بعازل PVC قياس 70ملم^2 نحاس إذا كان جهاز الحماية يفصل بزمن قدره 0.2 ثانية عند حدوث عطل قصر دارة.

الحل :

A = مساحة المقطع العرضي للكيبل بالمليمتر المربع = 70

K=115 لكيبلات النحاس

t = زمن إزالة العطل بالثواني المستخدم للحماية = 0.2.

لذا يكون تيار قصر الدارة :

$$I_{sc} = \frac{K.A}{\sqrt{t}} = \frac{115x\ 70}{\sqrt{0.2}} = 18kA$$

مثال 2-5 :

إحسب الزمن اللازم لفصل جهاز حماية يحمي كيبل نحاس قياس 10 ملم^2 نوع PVC اذا كان جهاز الحماية (مصهر مثلا) منصوب على بعد معين بحيث أن ممانعة الدائرة بين الخطوط المغذية ومكان نصب جهاز الحماية هي 0.12 Ω ؛ علما أن المصدر هو ثلاثي الطور بفولتية 415 فولت .

الحل :

الحل : نحسب اولا قيمة التيار الساري اثناء العطل :

$$I = V_L / Z = 415 / 0.\ 12 = 3458.3A$$

من المعادلة الحرارية (الأدياباتية) نجد ان الزمن بالثواني هو:

$$t = K^2 A^2 / I^2 = 115^2 x10^2 / 3458.3^2 = 1.11\ s$$

جدول (2-26 (أ)) قيم ثابت قصر الدارة (K) المضبوطة لنواقل (موصلات) نحاس في درجة حرارة مختلفة

درجة حرارة الناقل عند بداية زمن حدوث قصردارة	الثابت K عند درجة الحرارة النهائية التي قيمتها :						
	120C°	130C°	140C°	150C°	160C°	200C°	250C°
50	107	113	119	125	130	148	166
55	102	109	115	121	126	145	163
60	98	105	111	117	123	142	160
65	93	101	107	114	119	139	158
70	89	96	103	110	116	136	155
75	84	92	99	106	112	132	152
80	79	87	95	102	108	129	149
85	73	83	91	98	104	126	147
90	68	76	86	94	100	123	144

جدول (2-26(ب)) ثابت قصر الدارة (K) لنواقل (موصلات) ألمنيوم

درجة حرارة الناقل عند بدأ زمن حدوث قصر دارة	الثابت K عند درجة الحرارة النهائية التي قيمتها :						
	120C°	130C°	140C°	150C°	160C°	200C°	250C°
50	69	73	77	80	84	95	107
55	66	70	74	78	81	93	105
60	63	68	72	76	79	91	103
65	60	65	69	73	77	89	101
70	57	62	67	71	74	87	100
75	54	59	64	68	72	85	98
80	51	56	61	66	70	83	96
85	47	53	58	63	67	81	94
90	44	50	55	60	65	80	92

جدول (2-27) : سعات قصر الدارة لنواقل (موصلات) نحاسية مضفورة (مجدولة) لكيبلات معزولة بمتعدد كلوريد الفنيل PVC المسلحة لفولتية 400 فولت (K=103).

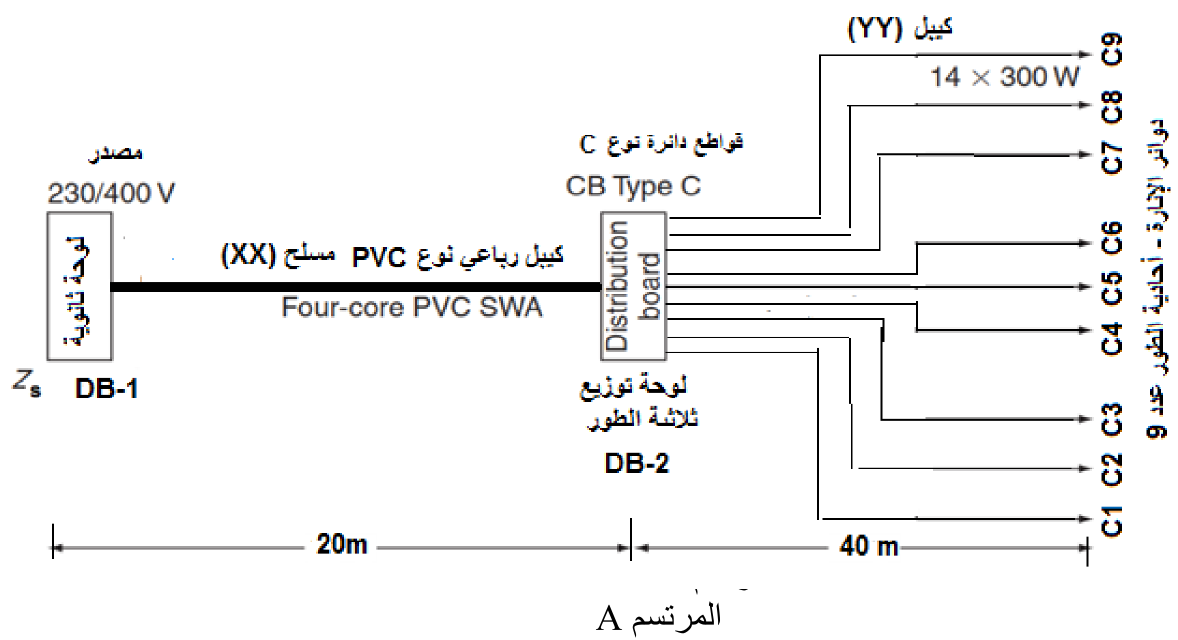
مساحة المطع العرضي للناقل mm^2	فترة (زمن)عطل قصر الدارة Duration of short circuit					
	القيمة الدنيا 0.2 ثانية		ثانية واحدة (1)		القيمة العظمى 3 ثواني	
	التيار A	MVA	التيار A	MVA	التيار A	MVA
1.5	335	0.2	150	0.1	85	0.05
2.5	605	0.4	270	0.2	155	0.1
4	975	0.7	435	0.3	250	0.15
6	1450	1.0	650	0.45	375	0.25
10	2500	1.8	1100	0.8	635	0.45
16	3900	2.8	1750	1.2	1000	0.7
25	6200	4.4	2800	2.0	1600	1.1
35	8600	6.1	3800	2.7	2200	1.5
50	11600	8.3	5200	3.7	3000	2.1
70	16800	12.0	7500	5.3	4300	3.0
95	23000	16.5	10400	7.4	6000	4.2
120	29000	20.8	13200	9.4	7600	5.4
150	36000	25.8	16200	11.6	9300	6.6
185	45000	32.3	20300	14.5	11700	8.4
240	59000	42.3	26000	18.6	15400	11.0
300	74000	53.1	33000	23.7	19300	13.8
400	83000	59.6	37000	26.5	21400	15.3
500	105000	75.0	47000	33.7	27000	19.3
630	135000	97.0	60000	43.1	35000	25.1
800	173000	124.0	77000	55.3	44000	31.6
1000	219000	157.0	98000	70.3	56000	40.2

ملاحظة : يعطي هذا الجدول سعات قصرالدارة لكيبلات نحاس معزولة بـ PVC مبينة على أساس فترات عطل مقدارها 0.2 و 1.0 و 3 ثواني وهذه السعات مبنية أيضا على أساس أقصى درجة حرارة مسموح بها للناقل (الموصل) مقدارها 140 درجة سيليزية لاحجام لحد 300 ملم² و130 درجة سيليزية لحجم 400 ملم² فما فوق ، ودرجة الحرارة عند بدء العطل هي 70درجة سيليزية .

مثال 2 – 6 :

يتألف جزء من تمديدات الإنارة لمخزن صناعي (Hanger) من دائرة تغذية عبارة عن لوحة حماية ثلاثية الطور DB-1 حاوية على مصاهر من نوع BS 88 تغذي لوحة توزيع ثلاثية الطور DB-2 بواسطة كيبل رباعي مسلح نوع PVC (طريقة تمديده B1) وطوله 20 متر . تحتوي لوحة التوزيع DB-2 على 9 قواطع دائرة مصغرة نوع C وكل قاطع يغذي مجموعة مصابيح تفريغية عددها 14 مصباح وكل مصباح قدرة 300 واط ، أنظر المرتسم A . أطول دائرة نهائية لتغذية المصابيح هي 40 متر وطريقة تمديدها B1 باستخدام أسلاك مفردة داخل منظومة تأطير بلاستك مرتبة بحيث ان الأمتار

القليلة الأولى منها تضم الدوائر التسعة جميعها.فاذا كانت درجة حرارة المحيط لاتتجاوز 30°C ، إحسب أحجام الكيبل XX والكيبل YY المستخدمة لتنفيذ العمل.



المرتسم A

الحل :

1- إيجاد حجم الكيبل الرئيسي XX :

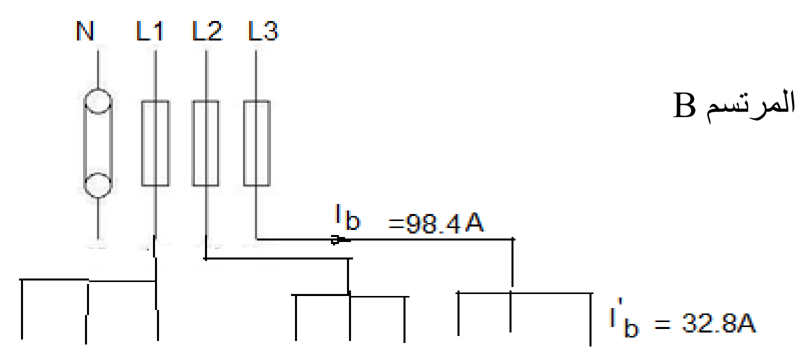
نحسب اولا التيار التصميمي I_b' لكل دائرة إنارة ، بما أن كل دائرة تحتوي على اربعة عشر مصباح تفريغي قدرة 300 واط بفولتية 230 فان الحمل الكلي على كل دائرة من C1 الى C9 سيكون :

$$I_b' = \frac{14x300x1.8}{230} = 32.8 \text{ A}$$

(حيث أن العامل 1.8 هو للمصابيح التفريغية للتعويض عن المفاقيد باجهزة السيطرة الملحقة بها – راجع صفحة 33 – الفصل الأول) .

ولما كانت الدوائر التسعة موزعة في لوحة التوزيع DB-2 على الأطوار الثلاثة ، وأن كل طور يغذي ثلاثة دوائر فقط ، أي أن التيار المار في كل طورمن الكيبل XX (كما هو موضح في المرتسم B) سيكون :

$$I_b \text{ per phase } = 3x32.8 = 98.4 \text{ A.}$$



المرتسم B

عليه يتم اختيار كيبل بحيث يتحمل التيار أعلاه (98.4 A)، فمن الجدول (2-5) العمود 4 – الطريقة B1 ، نجد أن أقرب قياس كيبل هو $25\ mm^2$ الذي سعة تحمل التيار له هو 101 أمبير .

ألآن سوف ندقق الهبوط بالفولتية باستخدام معادلة الملي فولت المذكورة في صفحة 89 : من الجدول (2-24) العمود 4 نجد أن الهبوط بالملي فولت للكيبل قياس $25\ mm^2$ هو 1.5 ، لذا :

$$\Delta V = \frac{(mV/A\ /m).I.l}{1000} = \frac{1.5x98.4x20}{1000} = 2.93V$$ الهبوط بالفولتية (مقبول)

هذا للأطوار الثلاثة ، أما بالنسبة للطور الواحد Single-phase فيكون :

$$\Delta V = \frac{2.93}{\sqrt{3}} = 1.7\ V$$

عليه فمن ناحية هبوط الفولتية يكون القياس $25\ mm^2$ مقبولا. لكن هذا الأمر لايكفي وحده في اختيار الكيبل وانما يجب علينا التحقق من أمر آخر ، وهو أنه هل يتحمل تيار قصر الدارة أم لا ؟

من الجدول (2-24) نجد أن ممانعة الكيبل $25\ mm^2$ هي 0.8749 Ω/km أو :

2x0.874 = 1.749 Ω/km ذهابا وإيابا . لذا :

$$Z_c = \frac{20x1.749}{1000} = 0.035\Omega$$

$$I = \frac{V}{Z_c} = \frac{230}{0.035} = 6571.4A$$

وباستخدام المعادلة الحرارية $A = \frac{\sqrt{t\,I^2}}{K}$ نجد أن اصغر حجم كيبل يتحمل تيار القصر أعلاه لفترة 0.4 ثانية (وهو زمن فصل المصهر البريطاني نوع BS 88 لتيار القصر أعلاه) هو :

$$A = \frac{\sqrt{0.4\ x\ 6571.4^2}}{115} \approx 35mm^2$$

لذا فان الكيبل $25\ mm^2$ يكون غير ملائم وعليه نختار كيبل قياس $35mm^2$ بدل عنه .

2- إيجاد حجم الكيبل YY الخاص بدائرة الإنارة :

التيار التصميمي لدائرة الإنارة كما وجدناه مسبقا هو $I_b' = 32.8\ A$. ولما كانت هناك 9 دوائر جرى تمديدها في الإطار البلاستك نفسه ، فيجب في هذه الحالة أخذ عامل المجموعات بعين الإعتبار . فمن الجدول (2-13) ولتسع دوائر متجاورة يكون عامل المجموعات 0.5 ، عليه يكون التيار الذي يحسب عليه حجم الكيبل :

$$I_z = \frac{32.8}{0.5} = 65.6\ A$$

من الجدول (2-5) ولطريقة التمديد B1 نجد أن اقرب كيبل ملائم هو $16mm^2$ حيث يتحمل 76 أمبير والآن ندقق الهبوط بالفولتية لهذا الكيبل :.

من الجدول (2-24) العمود 3 ، الهبوط بالفولتية بالملي فولت للكيبل 16mm2 هو 2.39 mV .

$$\text{الهبوط بالفولتية}\ \Delta V = \frac{(mV/A\ \ /m).I.l}{1000} = \frac{2.93x32.8x40}{1000} = 3.13V$$

نضيف هذا الهبوط الى الى هبوط الفولتية للكيبل XX (طور واحد منه) فيكون مجموع الهبوط الكلي :

$$\Delta V_T = 1.7 + 3.13 = 4.83\ V \qquad (\text{مقبول})$$

التدقيق الحراري Thermal checking :

$$Z_c = \frac{40x1.38}{1000} = 0.0552\Omega$$

$$I = \frac{V}{Z_c} = \frac{230}{0.0552} = 4166.67A$$

بما أن قاطع الدائرة الذي يحمي هذا الكيبل هو معطى بالسؤال نوع C أي أنه من النوع الفوري في حال حدوث قصر دائرة ، أي أنه يفصل بزمن 0.1 ثانية (من خصائص هذا القاطع المبين في الملحق-4) ، وباستخدام العمل K = 115 للكيبلات النحاسية نجد أن :

$$A = \frac{\sqrt{4166.67^2 x0.1}}{115} = 11.45mm^2$$

لذا يكون الكيبل $16mm^2$ كاف جدا.

7-2 ايجاد حجوم كيبلات الفولتية العالية Sizing of HV cables

لاحظنا في الفقرات السابقة أن كيبلات الفولتية المنخفضة LV cables المستخدمة في الأبنية يمكن ايجاد حجومها إما بطريقة الهبوط بالفولتية أو أقصى سعة حمل التيار من الجداول بعد أخذ عوامل التصحيح.

أما بالنسبة لكيبلات الفولتية العالية من الصعوبة بمكان تطبيق هاتين الطريقتين بصورة مباشرة . فعلى سبيل المثال ، إذا كان لدينا محول سعة 1000kVA يعمل بفولتية مصدر مقدارها 11kV فان تيار الحمل التام Full load current هو 52A ، عليه فان أصغر حجم كيبل فولتية عالية مسموح به لتغذية الابنية وملائم لحمل هذا التيار هو $50\ mm^2$ الذي من الجدول (2-28) يتحمل تيار حوالي 223A .

لأول وهلة يبدو ان حجم هذا الكيبل أكثر من كاف لحمل التيار للمحول ، لكن الأمر يقتضي التحقق من أنه هل يستطيع هذا الكيبل أن يتحمل تيار قصر الدارة في حالات العطل ؟ وللتحقق من ذلك فان مستويات العطل في أنظمة الفولتية 11kV لمعظم المدن في العالم هو 250 MVA أي أن التيار الذي سيمر بالكيبل في لحظات العطل هو 13.1 kA وفق المعادلة التالية :

$$I_{sc} = \frac{S_{sc}}{\sqrt{3}\ V} = \frac{(MVA)_{sc}}{\sqrt{3}\,V} = \frac{250 \text{ x } 10^6}{1.732 \text{ x}11000} = 13100 \text{ A}$$

إن جهاز الحماية الأساسي الخاص بهذا الكيبل من جهة المصدر يجب ان يبادر بإزالة العطل فوريا خلال زمن 0.1 ثانية . وفي حالة فشل جهاز الحماية الأساسي لسبب ما في الإشتغال فان جهاز الحماية الساند الذي يثبت عادة في اعلى المصدر Upstreem سوف يشتغل بعد مرور وقت من 0.3 – 0.5 ثانية وفق التدرج الزمني لاجهزة الحماية المعروف ويجب أن يتحمل الكيبل تيار القصر لهذه الفترة الزمنية على الأقل. ولو بحثنا في جدول (2-28) ، العمود السابع ، نجد أن كيبل حجم 50 mm^2 يتحمل تيار قصر دارة حوالي 7 kA لفترة ثانية واحدة فقط . بينما كيبل قياس 95 mm^2 يتحمل تيار قصر أعلى من 13.1kA لفترة ثانية واحدة . لذا يتم قرار المصمم باستخدام كيبل قياس 95 mm^2 كحد أدنى للأمان .

جدول(2-28) مواصفات كيبلات 20/12 كيلوفولت وحيدة الناقل بعزل نوع XLPE للفولتية العالية المستخدمة في الابنية .

اعلى تيار قصر يمكن أن يتحمله الكيبل لفترة ثانية واحدة (kA)	سعة حمل التيار بالامبير تحت الارض بدرجة 20 مئوية	سعة نقل التيار في بالامبير الهواء بدرجة 30 مئوية	المحيط الخارجي التقريبي ملمتر	سمك العازل التقريبي ملمتر	عدد الأسلاك في الموصل الواحد	مقطع الكيبل ملم^2
5	199	196	26	5.5	7x2.52	35
7.15	223	238	28	5.5	19x1.78	50
10	273	296	29	5.5	19x2.14	70
13.585	325	358	31	5.5	19x2.52	95
17.16	368	412	33	5.5	37x2.03	120
21.45	410	466	34	5.5	37.2.25	150
26.455	463	532	36	5.5	37x2.52	185
34.32	534	627	39	5.5	61x2.25	240
43	601	715	41	5.5	61x2.52	300

ملاحظة : أصغر مقطع لكيبل 11 كيلوفولت المستخدم في الابنية هو 50 ملم^2 .

مثال 2 – 7 :

عمارة سكنية متعددة الطوابق تم فيها انشاء محطة ثانوية تحتوي على محول قدرة 2MVA يعمل بفولتية 11kV . تبعد البناية عن اقرب نقطة مصدر للشبكة الوطنية مسافة 3 كيلومتر. تم القرار عى تغذية البناية (المحول) بواسطة كيبل أرضي 11kV نوع XLPE ثلاثي الطور – مسلح يدفن بعمق 1.25متر

وحيدا في ارض مقاوميتها الحرارية 3 كلفن . متر/واط ، وحرارة المحيط تحت الأرض 25C° . أفرض أن مستوى العطل في نقطة المصدر هو 250MVA ، إحسب حجم الكيبل المطلوب لهذا المشروع .

الحل : نحسب أولا التيار التصميمي I_b (تيار الحمل التام للمحول) :

$$I_b = I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3}V} = \frac{2000000}{\sqrt{3}x11000} = 105 \text{ A}$$

نجد عوامل التخفيض :

- عامل التخفيض لعمق الدفن 1.25 متر = 0.96 (الجدول 2-19)
- عامل التخفيض لمقامية حرارية 3 كلفن . متر / واط = 0.96 (الجدول 2-4)
- عامل التخفيض لدرجة حرارة المحيط 25C° = 1.04 (الجدول 2-18 (ب))

عامل التصحيح الكلي = 0.96 × 0.96 × 1.04 = 0.958

التيار Iz الذي يحسب عليه حجم الكيبل ،

$$I_z = \frac{105}{0.958} = 110 \text{ A}$$

من الجدول 2-8 (العمود -7) نجد أن كيبل نحاس بعزل XLPE قياس $35mm^2$ له سعة حمل تيار تحت الأرض 122A . لذا نعتبره لهذه المرحلة ملائم . والآن نحسب االهبوط بالفولتية الذي سيسببه هذا الكيبل لمسافة 3 كيلومتر باستخدام قانون الممانعة

من الجدول 2-24 نجد أن ممانعة الكيبل $35mm^2$ هي 0.6335 أوم/كيلومتر عليه فان :

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3}\ x\ Z\ x\ I\ x\ distance}{1000} = \frac{1.732\ x\ 0.6335\ x\ 3000}{1000} = 347.2V$$

أي مقدار 3.2% من 11kV وهذا مقبول جدا .

المرحلة التالية هي تدقيق التحمل الحراري للكيبل عند حدوث عطل قصر الدارة باستخراج I_{sc} عند المصدر كلآتي :

$$I_{sc} = \frac{S_{sc}}{\sqrt{3}\ V} = \frac{250000000}{1.732 \text{ x } 11000} = 13120 \text{ A}$$

بتطبيق المعادلة الحرارية لايجاد مقطع الكيبل الذي يتحمل هذا التيار لفترة نصف ثانية نجد أن :

$$A = \frac{\sqrt{t\ xI_{sc}^2}}{K} = \frac{\sqrt{0.5\ x\ 13120^2}}{115} = 80\ mm^2$$

نستنتج من هذا أن الكيبل $35mm^2$ غير ملائم لتحمل تيار العطل ، لذلك نستخدم كيبل قياسي قريب من $80\ mm^2$ وهو $95mm^2$.

عليه سيكون الكيبل الملائم للمشروع هو : $3x95mm^2$ XLPE

8-2 معايير أخرى في إختيار حجم الكيبل المناسب - اختيار مقطع المحا يد (Nuetral) :

تدخل في إختيار حجم الكيبلات المناسبة للأحمال معايير أخرى إضافية وخاصة في اختيار مقطع الناقل المحايد ، فنجد أنه في الدوائر احادية الطور يكون مقطع السلك المحايد مساويا الى مقطع سلك الخط أو الطور ولغاية أسلاك أو كيبلات نحاس قياس 16 ملم^2 (أو 25 ملم^2 ألمنيوم) أما القياسات الأكبر فيمكن أن يكون مقطع المحايد مساويا الى مقطع سلك الخط / 2 (نصف مقطع سلك الخط) إذا كان الحمل خطيا أو أن الدائرة الكهربائية لا تحتوي أجهزة مولدة للتوافقيات Harmonics. أما بالنسبة للدوائر الثلاثية الطور فإن الكيبل الرباعي الناقل (4-core) المحزوم قد يكون على نوعين:

1- النوع الاول يحتوي على ثلاثة نواقل + المحايد وجميعها في الحجم نفسه مثلاً كيبل عيار 50x4ملم^2.

2- النوع الثاني يحتوي على ثلاثة نواقل + المحايد ويكون حجم المحايد نصف حجم الناقل للطور مثلاً كيبل عيار 50x3+25ملم^2 .

السؤال الذي يتبادر إلى الذهن هو أين نستخدم النوع الأول ومتى نستخدم النوع الثاني .

الجواب يكمن في نوعية الحمل وطريقة توزيع الأحمال ذات الطور الواحد على لوحات التوزيع. وفي العموم تكون الأحمال الكهربائية على نوعين رئيسيين :

1-الأحمال اللاخطية (المتوازنة وغير المتوازنة)

2- الأحمال الخطية (المتوازنة وغير المتوازنة)

تنجم عن الأحمال اللاخطية المتوازنة وغير المتوازنة والتي تتمثل بأجهزة التبريد والتكييف ذات الطور الواحد وكذلك شاحنات البطاريات بأنواعها وأجهزة السيطرة (التحكم) الالكترونية على شدة الإضاءة Dimmers ودوائر الإنارة ثلاثية الطور التي تستخدم فيها مجاميع من المصابيح الفلورية Flourecent lamps وغيرها من أجهزة السيطرة على سرع المحركات الحاوية على نبائط المقومات السليكونية المحكومة مثل الثايرسترات و ترانزستورات القدرة ومبدلات التردد والعواكس Inverters .

إن جميع هذه الأجهزة والنبائط تعد أحمالا لاخطية تسهم بشكل كبير في توليد التوافقيات Harmonics وخاصة التوافقي الثالث في تيارات الأطوار الثلاثة للمنظومة المجهزة والحمل نفسه مما يسبب حالة عدم إتزان وهذا يؤدي الى مرور تيار كبير في الناقل المحايد Neutral للمنظومات رباعية السلك 4- wire system الذي قد تزيد قيمته عن ال 50 % من التيار الأقصى لأحد الأطوار وهي النسبة المسموح بها دولياً في حالة استخدام النوع الثاني من الكيبلات (اي المحايد يكون نصف حجم الكيبل الأصلي) .

لذلك عند استخدام أحمال لاخطية يجب أن تكون النواقل الأربعة بضمنها المحايد بالحجم نفسه (النوع الأول).أما الأحمال الخطية مثل الإنارة والتسخين والحواسيب وأجهزة التلفزيون والراديو والأجهزة المكتبية والطبية التي تكون خالية تقريباً من التوافقيات الأساسية ودون الأساسية وعند توزيعها بصورة متوازنة على الأطوار الثلاثة فان التيار المار في الناقل المحايد سوف يكون قليلاً جداً لذلك يمكن استخدام النوع الثاني من الكيبلات الذي يكون فيها حجم المحايد نصف حجم الناقل للطور الواحد.

9-2 الألوان القياسية للأسلاك و الكيبلات Standard Wiring colors

يخضع ترميز الألوان للأسلاك و الكيبلات الكهربائية إلى النظام القياسي الدوليIEC60446 بان يكون لون الخط الأول L1 بني Brown والخط الثاني L2 أسودBlack والخط الثالث L3 رمادي (رصاصي) Gray أما المحايد N فيكون أزرق Blue ويكون الخط الأرضي أخضر/ أصفر مجدول Green/yellow Stranded . انظر الشكل (2-4) .

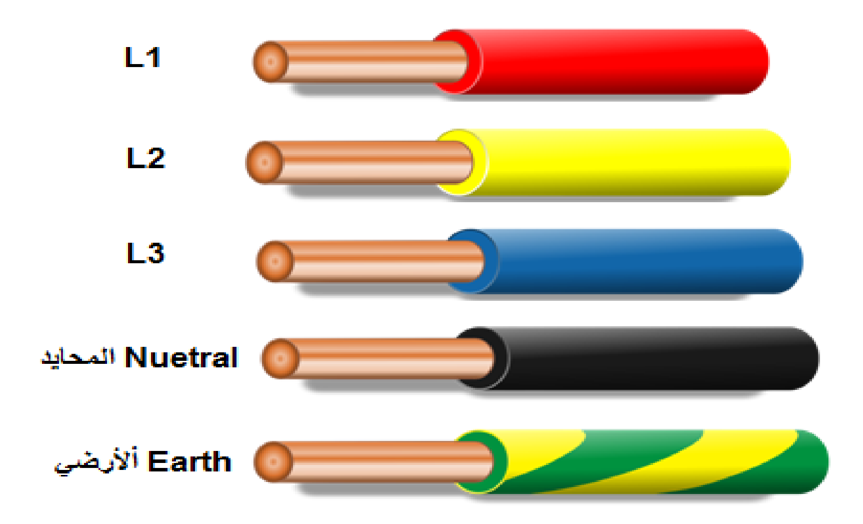


الشكل (2-4) ألألوان القياسية للكيبلات وفق النظام الدولي IEC .

وفي النظام البريطاني كانت الألوان القياسية قبل سنة 2004 كالأتي:

الخط الأول: أحمر ، الخط الثاني : أصفر ، الخط الثالث :أزرق . أما المحايد فيكون : أسود والأرضي : أخضر وأصفر ، أنظر الشكل (2-5).

إلا أن البريطانيين إستخدموا ألوان النظام الدولي IEC بعد سنة 2004 .

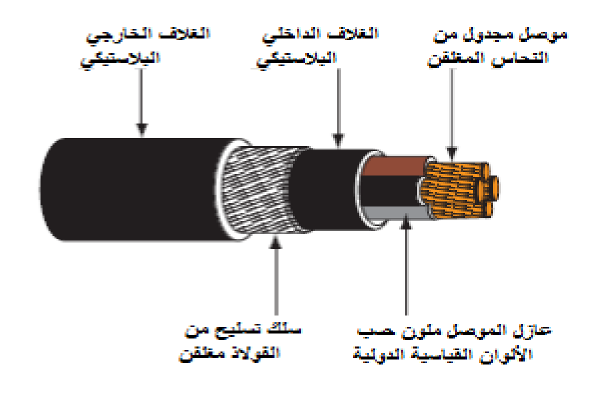


الشكل (2-5) ألألوان القياسية للكيبلات وفق النظام البريطاني BS قبل سنة 2004.

2-10 أنواع خاصة وأنواع حديثة من الكيبلات للفولتية المنخفضة المستخدمة في التمديدات

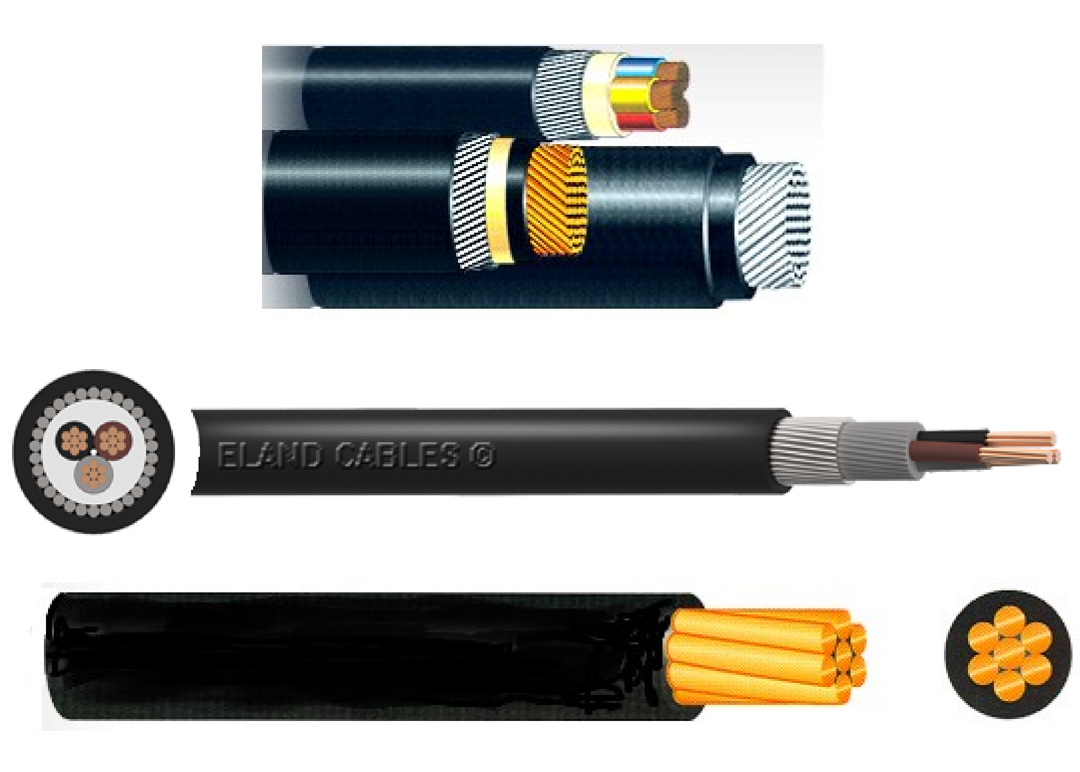
توجد أنواع أخرى من الكيبلات تستخدم لأغراض خاصة وأخرى حديثة الصنع هي:

- كيبل نوع MICC أو :MI يمتاز بعزل معدني (Miniral Insulated Copper Clad) يتحمل درجات حرارة عالية ويستخدم في الأماكن الخطرة جدا مثل مصافي النفط ومحطات تعبئة الوقود ومخازن العتاد العسكرية واماكن البويلرات ومنظومات الكشف عن الحريق وغيرها كذلك يكون محميا ضد الماء لذلك يحتاج الى عملية انهاء ربط Termination دقيقة ويتطلب تمديده معاملة خاصة.
- كيبل نوع FP200 : يتحمل هذا النوع من الكيبلات درجات حرارة عالية أيضا وهو يشبه الكيبل MICC إلا انه يكون أكثر مرونة ولا يحتاج الى عملية إنهاء خاصة أي انه يشبه الكيبل نوع PVC من حيث التعامل معه ويكون بسلك أو سلكين أو متعدد الأسلاك، ويستخدم في منظومات الكشف عن الحريق في اغلب الأحوال، أنظر الشكل (2-6) .



الشكل (2-6) كيبل نوع FP200 .

- كيبل نوع LSZH : وهو كيبل يزود غلافه أو سترته بمركب له الخاصية على تقليل إنبعاث الدخان وعدم إنبعاث غاز الهالوجين (Low smoke zero halogen) أثناء تعرضه للحرارة أو الحريق ، حيث أن مادة الـ PVC الشائعة الإستعمال في عزل الكيبلات العادية عند تعرضها للحرارة أو الحريق فإنها تطلق غاز كلوريد الهايدروجين السام الذي بدوره ينتج حامض الهايدروكلوريك عند تماسه مع الماء أو الأجزاء الرطبة القريبة منه ، وبذلك يصبح خطرا جدا على الأشخاص والمعدات. على هذا الأساس ألزمت معظم الأنظمة الدولية ومنها النظام البريطاني وجوب استخدام هذا النوع من الأسلاك والكيبلات وخاصة في الطائرات وعربات القطارات وحتى في الأبنية الأعتيادية ما بعد سنة 2010.



الشكل (2-7) أنواع من الكيبل LSZH .

2-11 اختيار نظام التمديد للكيبلات والعلاقة بالمؤثرات الخارجية

ان مسألة اختيار نظام أو طريقة التمديد للكيبلات يجب ان تكون مدروسة من قبل المهندس المنفذ بالتشاور مع المهندس المصمم اثناء أو قبل عملية التنفيذ . على اية حال يجب ان تؤخذ الأمور التالية بعين الاعتبار في هذا الخصوص :

(أ) درجة الحرارة المحيطة بالكيبل والإشعاعات : يجب اختيار نظام التمديد بحيث يتحمل أعلى واقل درجة حرارة المحيط المحتملة .كذلك يجب حمايته من الإشعاع الشمسي ومن الأشعة فوق البنفسجية باستخدام الحجابات (Shielding) .

(ب) مصادر الحرارة الخارجية : يجب تجنب تأثيرات الحرارة من المصادر الخارجية بما في ذلك التأثير القادم من الشمس (الكسب الحراري الطبيعي) وذلك باستخدام السواتر أو الحجابات المانعة للحرارة أو الوضع على بعد كاف من مصادرها أو استخدام المواد العازلة المعززة.

(ج) التآكل والتلف : إن وجود مواد كيميائية آكلة أوحيوانات قارضة مثل الفئران تؤثر بصورة مباشرة على نظام التمديدات أو الكيبل نفسه ، حيث وجد أنه في بعض البلدان توجد فئران تتغذى على المواد العازلة للكيبلات خاصة غير المسلحة منها وتؤدي الى حدوث اعطال قصر الدارة . لذلك ينصح في مثل هذه البلدان استخدام مواد عازلة للكيبلات مضافا اليها مواد سامة .

(د) الحماية من الماء أوالرطوبة : في كلتا الحالتين يجب اختيار نظام التمديد بحيث لا يحدث اي تلف للكيبل ناجم عن دخول او تسرب أو تكاثف الماء بأي شكل من الأشكال.

(هـ) العوارض والتأثيرات الميكانيكية : يجب اختيار نظام التمديد بحيث يقاوم التلف الميكانيكي الناجم عن الإنضغاط أو الشد أو الاختراق أو الإهتزازات القوية أو الصدم نتيجة الضرب والطرق . أما بالنسبة للكيبلات المستخدمة في التمديدات المطمورة تحت الأرضية Under floor installation والتي غالبا ما تستخدم عندما يتعذر تمديدها على الجدران داخل الأبنية كأن يكون الجدار من الحديد الصلب أو من الزجاج بكامله ، فيجب في هذه الحالة اختيار التمديدات الأرضية بحيث تكون محمية بشكل كاف لمنع التلف الناجم عن الإستعمال القاسي للأرضية .

(ح) الكيبلات المطمورة تحت الأرض : يجب أن تزود الكيبلات المطمورة في الأرض مباشرة بتسليح ملائم مؤرض أو حزاما (قرابا معدنيا) ملائمين أو كليهما في حالة دفنه مباشرة في الأرض عدا الحالات التي يكون فيها الكيبل داخل انبوب (ماسورة) أو مجرى اسمنتي يوفران له الحماية من العوارض الميكانيكية المحتملة .

12-2 الإحتياطيات اللازم اتخاذها عند تمديد أو تركيب الكيبلات :

مما مر في أعلاه فان عملية تمديد وتركيب الكيبل تحتاج إلى إتخاذ احتياطات خاصة لتجنب تلفه يمكن إيجازها فيما يأتي :

- ❖ تجنب تمديد وتركيب الكيبلات التى تدخل مادة PVC في مكوناتها في الأجواء شديدة البرودة حيث يكون العازل أو طبقة الحماية الخارجية واهن وسهل التعرض للتلف .

- ❖ إن أحد العيوب الاساسية في موصلات الألومنيوم هو تكون طبقة صلدة رقيقة من الأوكسيد على سطح الموصل ورغم أن هذه الطبقة تهيئ حماية ضد تآكل الموصل إلا أنها تتسبب في العديد من المشاكل خصوصًا عند عمليات اللحام والتوصيل وتثبيت نهايات الكيبل . عليه ، يجب إتباع النشرات الفنية الخاصة بتركيب كيبلات الألومنيوم بكل دقة ، حيث يتم الحصول على هذه النشرات من مصانع الكيبلات نفسها .
- ❖ التأكد من عدم وجود حافات حادة لإنها قد تتسبب في إتلاف الكيبل اثناء سحبه داخل المجرى.
- ❖ عدم تعريض الكيبل لقوى شد أكثر من المسموح بها اثناء عملية سحبه .
- ❖ التأكد من إحكام قفل نهايات الكيبل لمنع دخول الماء أو الرطوبة إلى داخله والوصول إلى قلبه. وتزيد أهمية هذه النقطة إذا كان الكيبل موضوعًا في بيئة معرضة للماء أو الرطوبة .
- ❖ يجب أن لا يقل نصف قطر الثني للكيبل عن الحد المسموح به .

13-2 الاختبارات والفحوصات الخاصة بالكيبلات :

بالرغم من أن معظم الاختبارات الخاصة بالكيبلات تتم في المصنع ، إلا أنه يجب إجراء بعض الاختبارات والفحوصات عند استلام المشروع أوبعد إنجازعملية التمديد والتركيب لها ، ومن أهم هذه الاختبارات والفحوصات هي كما يأتي :

- ❖ فحص أبعاد وقياسات الكيبل Diamentions measurement : يتم قياس قطر الموصل وسمك العزل والغلاف وباقي مكونات الكيبل بعناية تامة عند الاستلام ويستعمل في ذلك جهازالميكرومتر الخاص بهذا الفحص حيث يجري التأكد من أنها مطابقة للمواصفات المعطاة من المصنع . كما يجب الاهتمام بسمك العازل بصفة خاصة ومطابقة ذلك بالمواصفات القياسية .
- ❖ فحص مقاومة العازل Insulation resistance test: يتم قياس مقاومة العازل باستخدام أجهزة وطرق القياس العادية ويمكن إجراء هذا الاختبار بسهولة لقياس المقاومة بين كل موصل والغلاف وبين كل موصل والأرض وبين كل موصلين (فحص الاستمرارية Continuity test) ويمكن إجراء هذا القياس بعد التركيب ثم بعد التشغيل على فترات دورية .
- ❖ اختبار الفولتية العالية HV Test : يتم في هذا الاختبار تسليط فولتية عالية على الكيبل للتأكد من متانة العزل وذلك برفع هذه الفولتية حتى أربعة أمثال فولتية العزل المقررة لفترة 15 دقيقة، وذلك إما على مرحلة واحدة أو عدة مراحل ويمكن إجراء هذا الاختبار باستخدام فولتية مستمرة DC voltage أوفولتية متناوبة AC voltage ويفضل استخدام فولتية مستمرة وخاصة بعد عملية تمديد وتركيب الكيبل .

الفصل الثالث
ألمصابيح الكهربائية والإنارة Lamps and Lighting

3-1 المقدمة

لكي تكون مهندساً ناجحاً في تصاميم الإنارة يجب أن يكون لديك الإلمام الكافي بأنواع المصابيح وخصائصها المتوفرة في السوق المحلية أو على مستوى الأسواق العالمية. ويعد إختيار نوع المصباح المستخدم في تركيب (وحدة) الإنارة Luminaire لغرض معين ولمكان معين من الأهمية لأنه يعتبر مصدر الضوء الذي يساعد على خلق الجو المناسب والذوق العام للإنسان في مختلف انواع الأبنية والمنشأت والأماكن . كذلك فإن إختيار المصباح سوف يقرر شكل وأبعاد تركيب الإنارة إضافة الى كلفته الاقتصادية.

بما أن علم المصابيح الكهربائية علم واسع جداً إلا أننا سنقدم إيجازاً بأنواع المصابيح وخصائصها وإستعمالها وسنقتصر على المصابيح المستخدمة في إنارة الأبنية والمنشات والطرق(الشوارع) فقط.

3-2 أنواع المصابيح

تقسم المصابيح المستخدمة في إنارة الأبنية والمنشات والشوارع إلى أربعة أنواع رئيسية :

1- ألمصابيح الحرارية (التوهجية) Incandescent Lamps

2- مصابيح التفريغ الغازي Gas Discharge Lamps

3- مصابيح الثنائي الباعث للضوء LED Lamps

4- مصابيح الألياف الضوئية Fiber Optics Lamps

وتقسم المصابيح الحرارية الى قسمين :

- المصابيح التوهجية
- المصابيح الهالوجينية

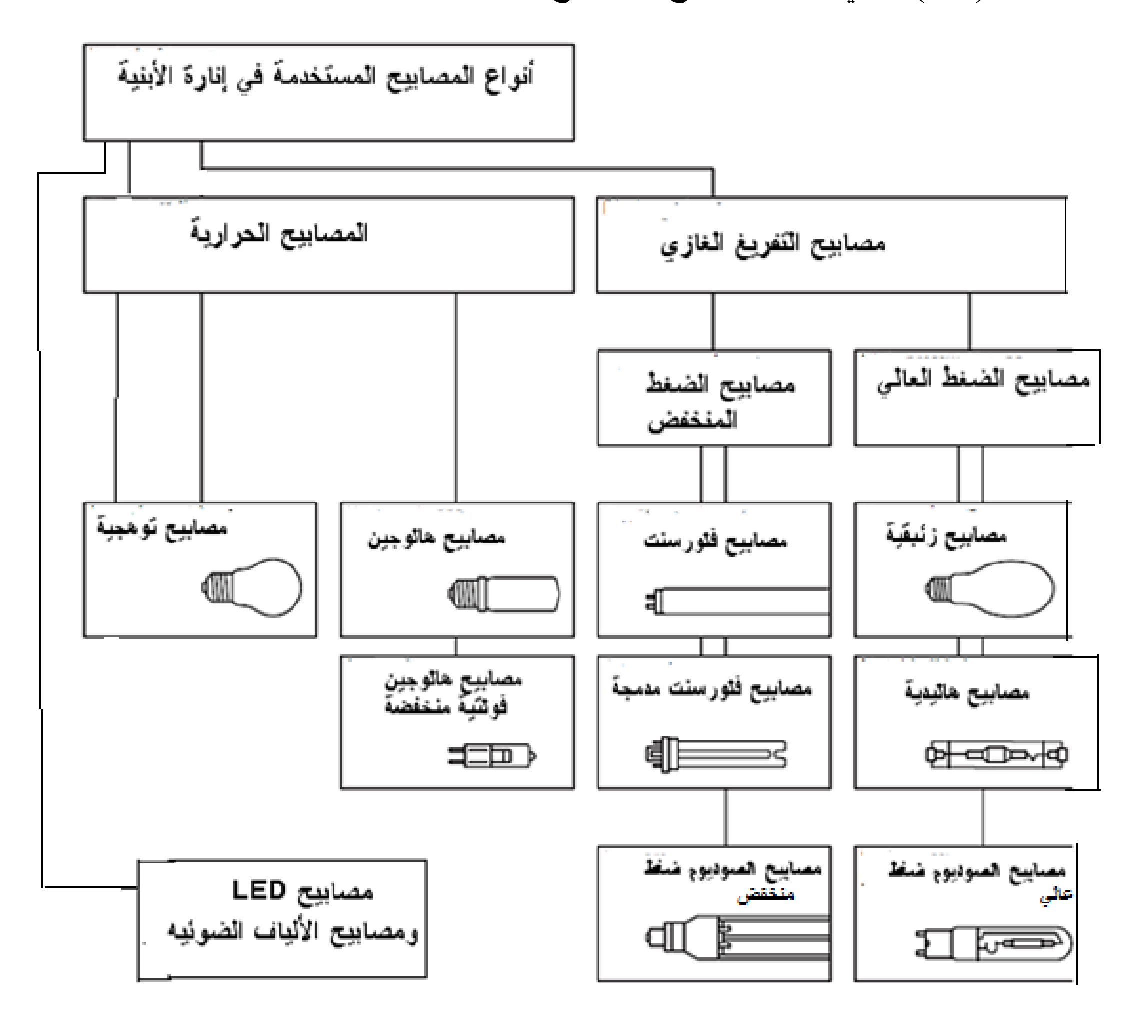
كما تقسم مصبيح التفريغ الغازي الى نوعين : مصابيح ذات الضغط المنخفض ومصابيح ذات الضغط العالي ، أما مصابيح الضغط المنخفض فتكون على الأنواع التالية :

- المصابيح الفلورية (الفلورسنت) الإعتيادية
- مصابيح الفلورية المدمجة (الموفرة للطاقة)
- مصابيح الصوديوم ذات الضغط المنخفض
- مصابيح غاز الزينون

وتكون مصابيح الضغط العالي كالآتي :

- المصابيح الزئبقية
- المصابيح الهاليدية
- مصابيح الصوديوم ذات الضغط العالي

ويبين الشكل (3-1) التالي ملخصا بأنواع المصابيح المتوفرة عالميا للفائدة.



الشكل (3-1) أنواع المصابيح المصنعة في العالم .

3-2-1 ألمصابيح التوهجية

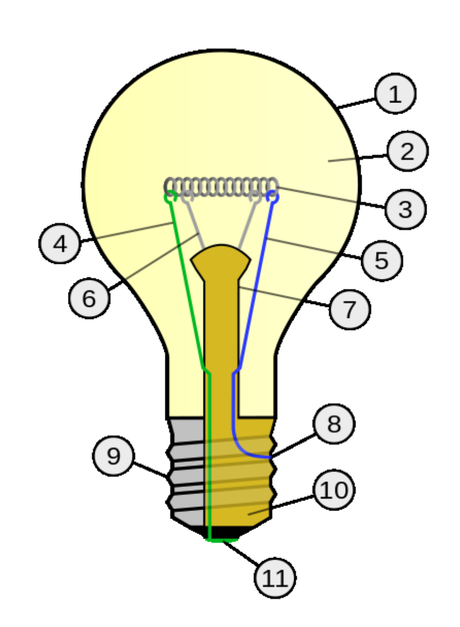
وهي أقدم المصابيح الكهربائية التي عرفها الإنسان وأولها كان يعرف بمصباح أديسون وتعتمد الفاعلية المنيرية لهذه الانواع على حرارة الفتيلة المصنوعة من فلز التنكستون فكلما زادت حرارة الفتيلة زاد الإنبعاث الضوئي . و يمتاز التنكستون بكونه ذي درجة إنصهار عالية جداً (3655K) وضغط بخار منخفض مما يجعل فتيلة التنكستون تعمل بدرجات عالية من الحرارة . لقد كانت المصابيح التوهجية في أول صناعتها مفرغة تماما من الهواء ، أما الأجيال الحديثة فإن هذه المصابيح

تملأ بغازات خاملة مما يجعل الفتيلة تتحمل درجات حرارة أعلى. وفي العموم تقسم المصابيح التوهجية إلى نوعين اساسيين :

أ- مصابيح الخدمة العامة GLS (General Lighting Service Lamps) :

وهي أكثر أنواع المصابيح إستخداما وشيوعا وتملأ عادة بخليط من غاز النيتروجين و الآركون أو تملأ بالنيتروجين و الكربتون . وتصنع بقدرات صغيرة ومتوسطة من 5 واط إلى 1500 واط .أما أعمارها الخدمية فتتراوح بين (750-1000) ساعة ويبين الشكل (3-2) مكونات المصباح التوهجي وتركيبه. وهناك مصابيح خدمة عامة يصل عمرها التشغيلي الى 2000 ساعة تدعى بالمصابيح ذات الخدمة المضاعفة تطلب من المصنع بصورة خاصة لكون سعرها أغلى وتستخدم للأماكن التي يصعب الوصول اليها ، وتستخدم فيها فتائل تنكستون قوية ذات كفاءة عالية. إن شدة الإضاءة للمصباح تقدر عموماً باللومن (lumen) كوحدة قياس و تعتبر المصابيح التوهجية أقل أنواع المصابيح التي تعطي شدة إضاءة مقارنة بالقدرة الكهربائية التي تستهلكها لذا فقد بدأ إستخدامها بالإنحسار بصورة كبيرة في الوقت الحاضربعد ظهور المصابيح الإقتصادية الحديثة.

1. البصيلة
2. غاز خامل
3. فتيلة التنكستون
4. سلك حامل (يتصل بالقدم)
5. سلك حامل (يتصل بالقاعدة)
6. مساند فتيلة (المولبيديوم)
7. حامل زجاجي
8. سلك التوصيل للقاعدة
9. لولب
10. عازل
11. نقطة تلامس



شكل(3-2) مكونات المصباح التوهجي ذي القاعدة اللولبية .

ويبين الجدول (3-1) قدرة المصباح التوهجي وشدة الإضاءة الناتجة عنه مقدرة باللومن لفولتية عاملة مقدارها 240 فولت .

جدول (3-1) شدة الإضاءة للمصابيح التوهجية .

قدرة المصباح(واط) **Power (W)**	الخرج(لومن) **Output (lm)**	الكفاءة(لومن/واط) **Efficiency (lm/W)**
15	100	6.7
25	200	8.0
40	500	12.5
60	850	14.2
75	1200	16.0
90	1450	16.1
100	1700	17.0
150	2850	19.0
200	3900	19.5
300	6200	20.7

أنواع قواعد المصابيح التوهجية:

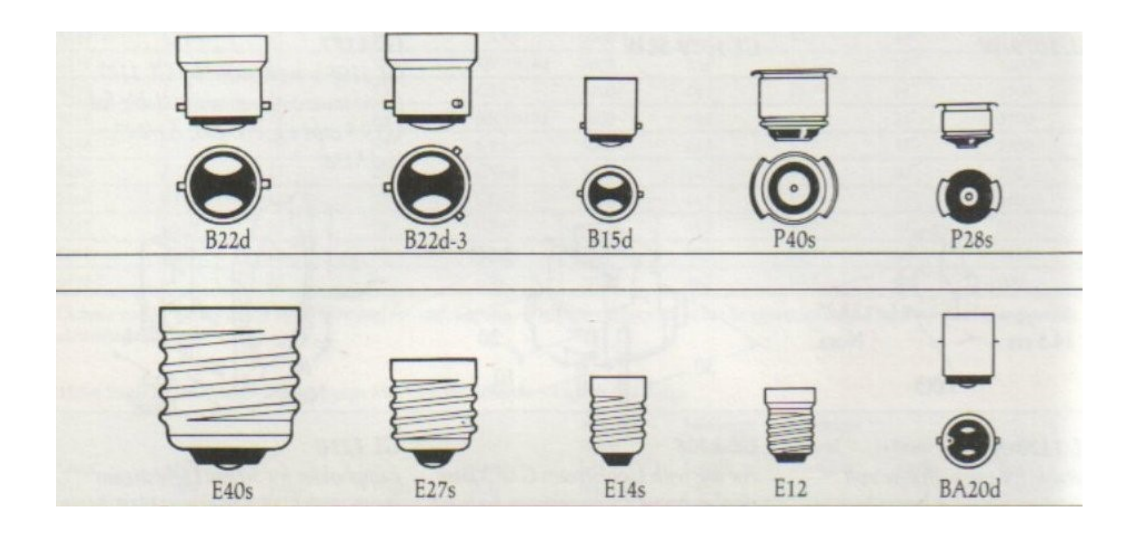
هناك أنواع عديدة لقواعد المصابيح التوهجية نذكر منها باختصار وبموجب المواصفات القياسية الدولية IEC أو المواصفات البريطانية BS مع رموزها ضمن الجدول (3-2) .

جدول (3-2) أنواع قواعد المصابيح التوهجية .

Lamps Caps قاعدة المصباح		
الرمز	التسمية	Description التفاصيل
B15d	SBC	قاعدة بايونيت* مسمارية صغيرة Small bayonet cap
B22d	BC	قاعدة بايونيت مسمارية اعتيادية Bayonet cap
B22d-3	3pin-BC	قاعدة من البايونيت بثلاث مسامير
E14	SES	Small Edison screw قاعدة لولب اديسون صغير
E27	ES	لولب اديسون اعتيادي Edison screw
E40	GES	لولب أديسون كبير(غولياث) Goliath Edison screw

*البايونيت هو نوع من العوازل التي تتحمل حرارة المصباح .

ويبين الشكل (3-3) بعض القواعد المستخدمة في المصابيح التوهجية .



الشكل (3-3) بعض القواعد المستخدمة في المصابيح التوهجية.

كما يبين الشكل (3-4) التالي نماذج من مصابيح الخدمة العامة للإنارة.



الشكل (3-4) نماذج مختلفة من مصابيح الخدمة العامة.

ب- المصابيح الهالوجينية :

وهي جيل متطور من المصابيح التوهجية ذات فتيلة التنكستون حيث يتم إضافة عناصر هالوجينية داخل زجاجة (بصيلة) المصباح لتحيط بفتيلة التنكستون فعندما تنبعث ذرات التنكستون نتيجة التسخين بمرور التيار الكهربائي تحدث عملية تفاعل كيميائي بين التنكستون المتحرر والهالوجين المضاف مما يؤدي إلى إعادة التنكستون المتحرر مرة اخرى للفتيلة. ويمتاز هذا المصباح بصغر حجمه وشدة اضاءة عالية وعمر تشغيلي طويل يصل إلى 3000 ساعة أي ثلاثة اضعاف مصابيح الخدمة الاعتيادية (GLS).

2-2-3 مصابيح التفريغ الغازي Gas Discharge Lamps

تعرف مصابيح التفريغ بكونها مصادر ضوئية مريحة ذات إنبعاث ضوئي عالي وشدة إضاءة كبيرة ويعتمد نجاح إستخدامها في الإنارة الداخلية و الخارجية على عوامل عديدة منها تصميم تركيب الإنارة و شكله الديكوري ومكان تثبيته ...الخ. وتكون مصابيح التفريغ على عدة انواع هي :

1- مصابيح بخار الزئبق ذات الضغط العالي High Pressure Mercury Vapor Lamps

2- مصابيح الهاليدات الفلزية Metal Halide Lamps

3- مصابيح بخار الصوديوم ذات الضغط المنخفض

Low Pressure Sodium Vapor Lamps

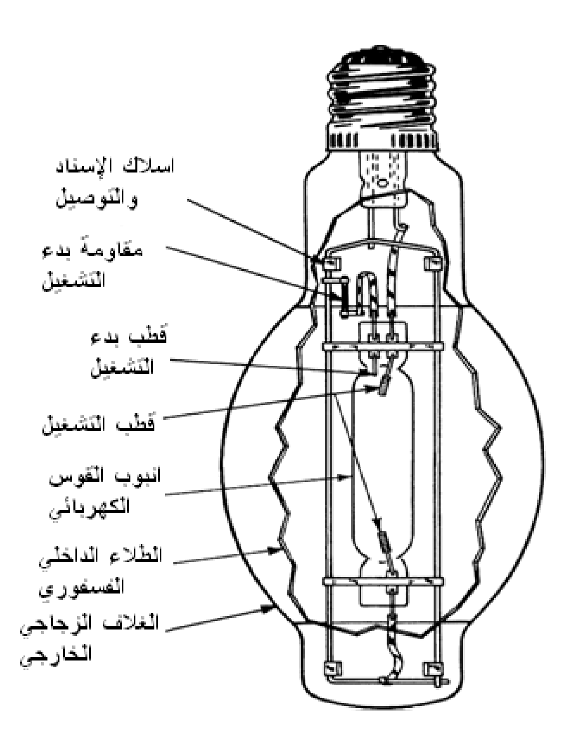
4- مصابيح بخار الصوديوم ذات الضغط العالي High Pressure Sodium Vapor Lamps

5- مصابيح غاز الزنون Xenon Lamps

تعمل مصابيح التفريغ عموماً بفولتية المصدر الإعتيادية 230 أو 240 فولت بأستخدام معدات سيطرة خاصة Control gears . وبسبب خواص التفريغ الكهربائي للغازات المستخدمة في المصابيح ينصح بعدم تشغيل المصباح لفترات طويلة و يفضل إطفاءه كل 24 ساعة لضمان عمر تشغيلي أطول للمصباح ؛ كما أن هذه المصابيح تكون حساسة لدرجات الحرارة المنخفضة وخاصة مصابيح بخار الصوديوم ، إذ انها لا تعمل في درجات دون (30) درجة مئوية تحت الصفر . وعندما يتم إيصال المصباح بالمصدر فإن التيار الكهربائي سوف يبدأ بالسريان خلال غاز البدء (وعادة يستخدم غاز الآركون للمصابيح الزئبقية وغاز النيون لمصابيح الصوديوم) في صمام الشرارة وتعمل حينئذ الحرارة المتولدة عن التيار على تحويل الزئبق أو الصوديوم أو الهاليدات المملوء بها الصمام إلى بخار تحت ضغط معين إلى أن تتحقق شروط التشغيل . وتأخذ هذه العملية بعض الوقت يتراوح بين دقيقة واحدة وإثنا عشرة دقيقة إعتماداً على قدرة ونوع المصباح . ويسمى هذا الوقت الإبتدائي بزمن بدء التشغيل Run-up time .

(1) المصابيح الزئبقية Mercury Vapor Lamps

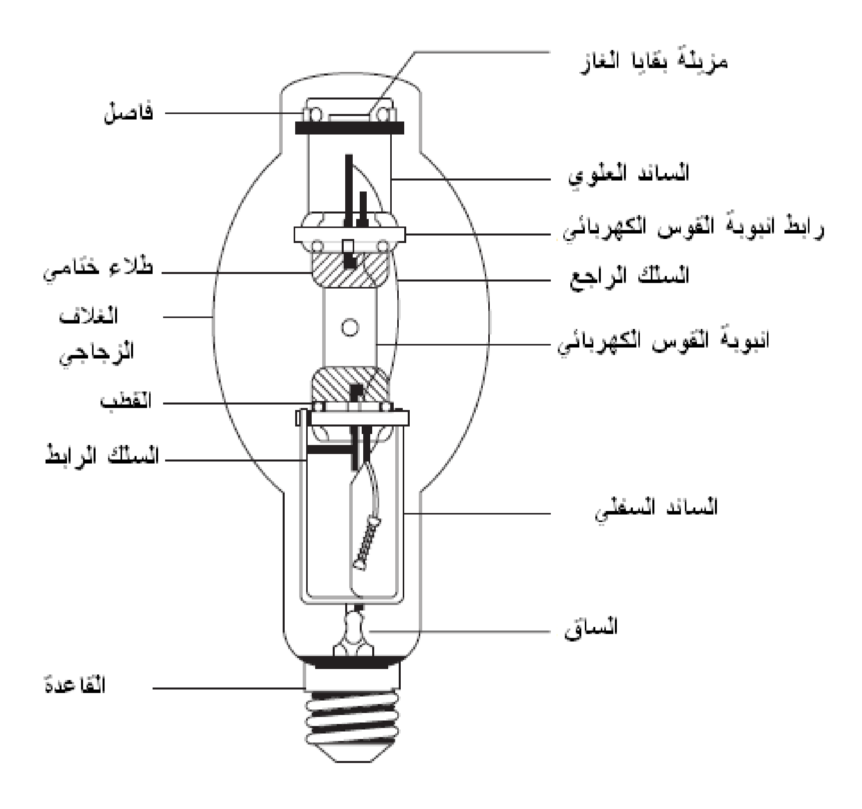
تستخدم المصابيح الزئبقية في الوقت الحاضر للإنارة الداخلية للأبنية التجارية كالأسواق الصغيرة والأسواق الكبيرة والدكاكين وصالات العرض وغيرها. وتستخدم هذه المصابيح غاز الآركون لغرض البدء لكون أن الزئبق الإعتيادي يكون ضغطه منخفضا في درجات الحرارة الإعتيادية للغرفة. فعندما تمد الدائرة الكهربائية الخاصة بالإنارة بالطاقة فإن فولتية البدء تسلط عبر الفجوة مابين القطب الرئيسي للمصباح وقطب البدء وهذا يؤدي إلى نشوء شرارة غاز الآركون التي تجعل الزئبق يتبخر. إن عملية إحماء المصباح تتراوح بين 5 الى 7 دقائق معتمدة على درجة الحرارة المحيطة. وفي العموم يتكون المصباح الزئبقي من حاويتين زجاجيتين تعمل الحاوية الداخلية الأولى على حفظ الشرارة واحتوائها، أما الخارجية فتعمل على عزل حاوية الشرارة من العوامل المحيطة التي قد تغير من خواص الشرارة نتيجة الظروف الطبيعية الخارجية ومنها تغير درجة الحرارة المحيطة بالمصباح. وتملأ الحاوية الخارجية عادة بغاز خامل غير فعال .و يبعث الزئبق طيفاً ضوئيا ذي لون أزرق مخضر بكفاءة ضوئية Efficacy تتراوح بين 30 الى 65 لومن / واط ، أي أن مصابيح الزئبق أعلى كفاءة من المصابيح التوهجية إلا انها تكون أقل من الكفاءة الضوئية للمصابيح المتفلورة (الفلورسنت). ومن الناحية الاقتصادية يفضل المصباح الزئبقي على غيره لطول عمره التشغيلي حيث يصل الى 24000 ساعة . إلا أن هذا المصباح له مساوئ عديدة منها أنه يفقد 50 % من قدرة خرجه خلال عمره التشغيلي وكذلك تكون صيانته غير سهلة وعملية إبداله صعبة ، ويبين الشكل (3-5) مصباحا زئبقيا للأغراض العامة.



الشكل (3-5) نموذج لمصباح زئبقي 400 واط للأغراض العامة .

(2) مصابيح الهاليدات الفلزية Metal Halide Lamps

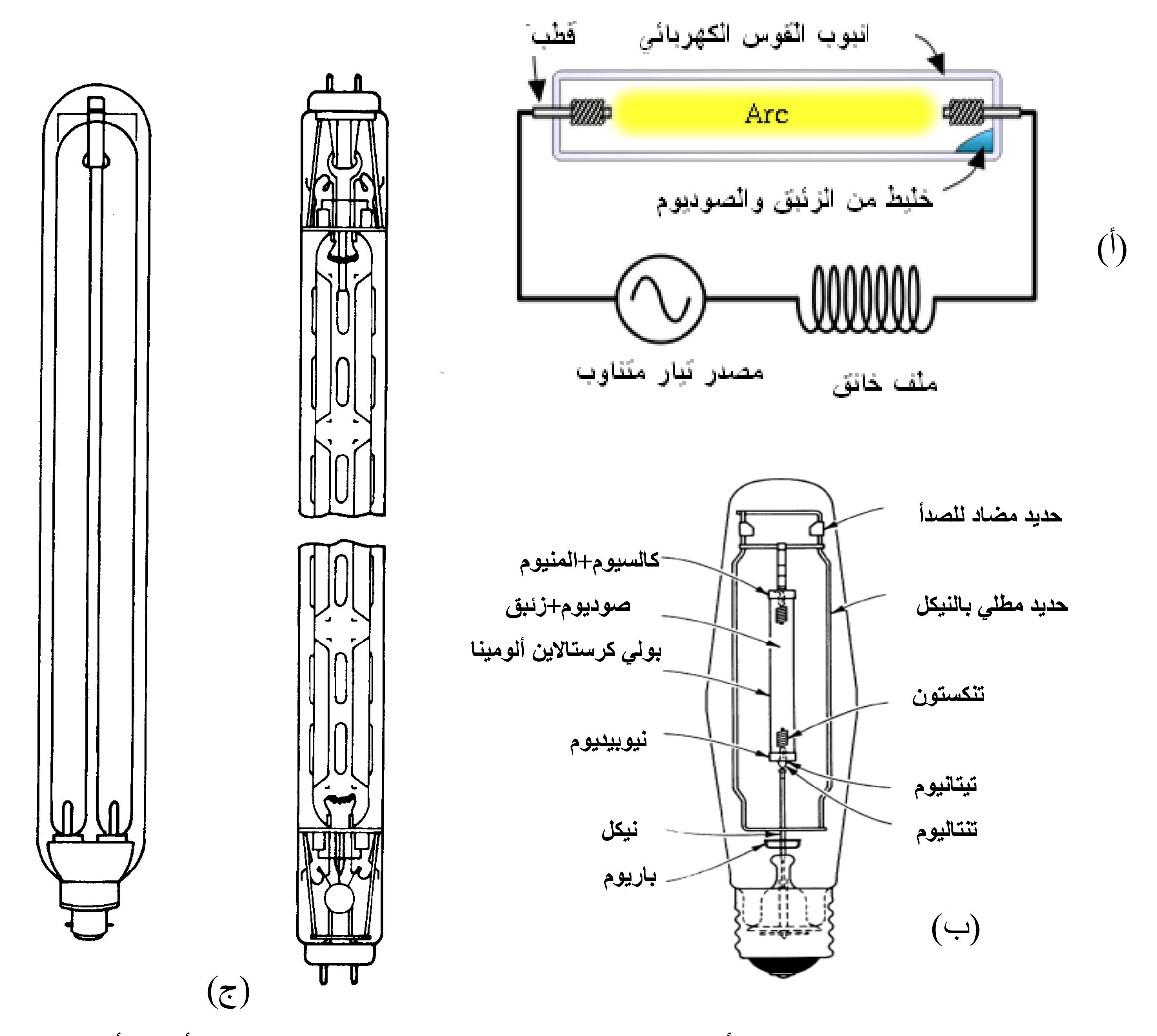
ظهرت مصابيح الهاليدات الفلزية كنتيجة الأبحاث المستمرة لتطوير المصابيح الزئبقية وذلك بعملية تطوير مشابهة نوعاً ما لتلك التي أستخدم فيها الهالوجين في المصابيح التوهجية ذات فتيلة التنكستون . وتكمن هذه العملية بإستخدام عناصر لها درجة حرارة غليان عالية جداً مثل الهاليدات وتحويلها الى بخار وبذلك تعطي هذه المصابيح ضعف شدة إضاءة المصباح الزئبقي نفسه وتكون أصغر حجماً إلا انها قد تمتلك شكل المصباح الزئبقي نفسه كما مبين في الشكل (3-6) . وعائلة الهاليدات كما نعرفها من دراستنا للكيمياء تتكون من عنصر اليود وعنصر البروم والفلور والكلور أي أنها العناصر المنتجه للأملاح ، أما العناصر المستخدمة على النطاق التجاري في المصباح الهاليدي فهي فلزات اليود والبروم. وتملأ المصابيح الهاليدية بأحد عناصرعائلة الهاليدات مثل اليود الفلزي إضافة إلى عنصر الزئبق فعندما يصل بخار اليود (الهاليد) إلى درجة حرارة عالية يتحلل البخار إلى الهالوجين والفلز حيث تنشأ حالة الإشعاع في الفلز ويعطي طيفه الضوئي الخاص به . وعندما يتحرك الهالوجين والفلز قرب جدار زجاجة الحاوية البارده نوعاً ما بواسطة الإنتشار والحمل الحراري فإن الفلز والهالوجين سوف يتحدان مرة أخرى وتتكرر هذه العملية دوريا بإستمرار . وبسبب صغر حجم هذه المصابيح وإعطائها لونا أفضل من المصابيح الزئبقية فقد تم استخدامها في جميع أنواع الإنارة الداخلية والخارجية تقريباً لكونها تعطي ضوء بلون أبيض عالي الكفاءة كما أن عمرها التشغيلي طويل حيث يصل إلى 15000 ساعة .



الشكل (3-6) تركيبة المصباح الهاليدي القياسي .

(3) مصابيح الصوديوم ذات الضغط المنخفض (LPS)

في كلا النوعين من مصابيح الصوديوم ذوات الضغط المنخفض والعالي فإن مصدر الضوء ينتج بواسطة مرور التيار الكهربائي خلال بخار الصوديوم . وفي المصابيح ذات الضغط المنخفض يستخدم النيون كغاز بدء ويعطي هذا الغاز في بداية التشغيل وهجاً أحمر اللون وعندما تتولد الحرارة داخل المصباح يبدأ فلز الصوديوم بالتبخر وينتج عنه إنبعاث ضوئي أصفر اللون ذو طول موجي 589 ملمتر وهذا الإنبعاث يكون قريباً من الحساسية القصوى للعين البشرية ؛ لذلك يعطي شدة إضاءة كبيرة بقدرة كهربائية صغيرة ، أي أن الكفاءة الضوئية لهذه المصابيح تكون عالية . وإذا ماتمت مقارنتها بالمصابيح الزئبقية فإن ضغط بخار الصوديوم يكون أقل بكثير من ضغط بخار الزئبق ، لذا فإن الفولتية المستخدمة للتهيج تكون أوطأ في مصابيح الصوديوم علاوة على أن الكفاءة الضوئية لمصباح الصوديوم عالية وتكون أكثر من 150 لومن/ واط . لذا يعتبر هذا المصباح إقتصادياً ويستخدم في الأماكن التي يكون فيها لون الضوء غير مهم مثل إنارة الشوارع والساحات العامة ومدارج الطائرات وقلما يتم استخدامه داخل الأبنية لفقاعة اللون الأصفر الذي يبعثه. وهناك ميزة واضحة لمصباح الصوديوم هو أنه لايتأثر بدء تشغيله بدرجة الحرارة المحيطة كما هو الحال في المصباح الزئبقي ؛ ويبين الشكل (3-7) مكونات وأشكال هذا المصباح المعد للأغراض العامة .



الشكل (3-7) مصابيح الصوديوم (أ) دائرة التشغيل ، (ب) تركيبة المصباح ، (ج) أنواع أخرى من مصابيح الصوديوم.

(4) مصابيح الصوديوم ذات الضغط العالي (HPS)

وتستخدم هذه المصابيح في إنارة الطرق والشوارع العامة ويستعمل غاز الزنون xenon كغاز بدء تشغيل بدلا من النيون كما هو الحال في المصابيح ذات الضغط المنخفض ؛ وتمتاز عنها بأنها تكون أصغر حجماً وبالكفاءة الضوئية نفسها وتعطي طيفاً ضوئياً أوسع بأطوال موجية تتراوح بين 400 إلى 800 ملم حيث تبعث ضوءاً مريحاً للعين البشرية وهو اللون الذهبي المائل للأبيض (Golden white). لذا فإنه يمكن إستخدامها لإنارة الأبنية والمنشآت والمتاجر وغيرها ولكن بصورة محدودة وتتوفر في الأسواق بقدرات تتراوح بين 75 الى 1000 واط . ومما تجدر الإشارة إليه هو أن مصابيح الصوديوم ذات الضغط العالي (HPS) تكون كفاءتها الضوئية خمسة أمثال كفاءة المصابيح التوهجية ومرة ونصف بقدر كفاءة المصابيح الزئبقية بالقدرة نفسها وضعف كفاءة المصابيح الفلورية ومرة

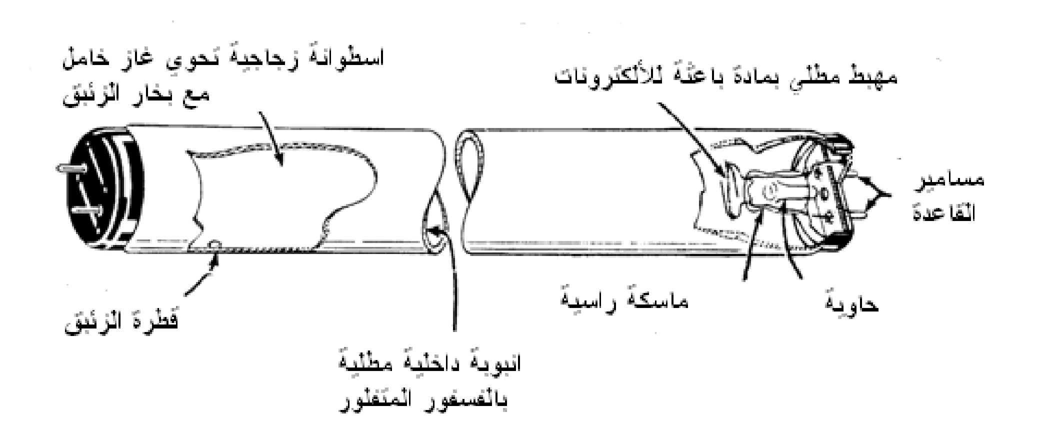
ونصف بقدركفاءة المصباح الهاليدي علماً أن الكفاءة الضوئية المسماة (Efficacy) تستخدم للمصباح في علم الإنارة ، وتحسب باللومن لكل واط (Efficacy = lm/watt) . وبصورة عامة يكون معدل العمر التشغيلي لمصابيح الصوديوم بنوعيها (LPS) و (HPS) حوالي 6000 ساعة .

3-2-3 المصابيح الفلورية (فلورسنت) Fluorescent Lamps

تعطي المصابيح الفلورية (الفلورسنت) من ثلاثة إلى خمسة أضعاف كفاءة إضاءة مقارنة بالمصابيح التوهجية للأغراض العامة . كما أنها تقارن بأفضلية مع مصابيح التفريغ التي مر ذكرها سلفاً . إن الكفاءة الضوئية لمصابيح الفلورسنت تتغير مع طول المصباح وكذلك مع الطبقة الفسفورية التي يغطى بها الجدار الزجاجي الداخلي للمصباح نفسه .

ويؤثر التصميم الهندسي لأبعاد المصباح وكذلك ظروف التشغيل على الكفاءة الضوئية التي من خلالها تحول الطاقة الكهربائية إلى إشعاع مرئي . مثال على ذلك ، عند زيادة القطر للمصباح تزداد الكفاءة الضوئية وكذلك تزداد بإزدياد طول المصباح فكلما ازداد طول المصباح إزدادت الكفاءة .

ويستخدم مصباح الفلورسنت مصدر تفريغ كهربائي الذي ينتج الضوء بأستمرار بواسطة مسحوق الفلورسنت الذي يجري تحفيزه بواسطة الطاقة فوق البنفسجية المتولدة عن طريق شرارة الزئبق . حيث توضع قطرة صغيرة من الزئبق داخل المصباح لهذا الغرض كما موضحة بالشكل (3-8). وفي المصابيح الحديثة يستخدم مسحوق يحتوي على الزئبق تطلى به الزجاجة من الداخل للغرض نفسه.



الشكل (3-8) تركيبة المصباح الفلوري (الفلورسنت)

على هذا الاساس فأن المصباح الفلوري لايمكنه الإشتغال بفولتية المصدر 230 فولت مباشرة لأن التفريغ الشراري لايمكن حدوثه في هذه الفولتية . عليه يجب أن يشتغل على التوالي مع ملف موازن-خانق Ballast يعمل على تحديد التيار ويعطي في الوقت نفسه فولتية البدء والتشغيل للمصباح التي قد تصل الى 720 فولت في بعض أنواع المصابيح .

وتحدث عملية بدء التشغيل لمصباح الفلورسنت على مرحلتين إثنتين ، فحالما تظهر فولتية كافية بين القطب والأرض يحدث التأين في الغاز (الزئبق زائدا غاز خامل) داخل المصباح . بعد ذلك يجب تهيئة فولتية كافية عبر المصباح لكي يمتد التأين خلال المصباح وتحدث الشرارة . هناك ثلاثة انواع من ملفات التوازن مستخدمة حالياً وهي ملفات البدء اللحظي وملفات التسخين الأولي وملفات البدء السريع . كذلك توجد معدات ألكترونية لأغراض البدء في المصابيح الحديثة Electronic ballasts . وفي العموم ، في حالة ملفات البدء السريع يتم تسليط فولتية مقدارها 400-1000 فولت عبر المصباح تعمل على قذف ألكترونات بظاهرة الانبعاث المجالي Field emission وتقوم الألكترونات المنبعثة بتأيين الغاز مسببة حدوث شرارة التفريغ .

يعد مصباح الفلورسنت من أكثر المصابيح المستخدمة في الوقت الحاضر حيث ثبتت كفائته وجدارته ونجاح إستعماله لأغراض الإنارة الخارجية والداخلية للإبنية والمنشآت ويتوفر بأطوال مختلفة تبدأ من 150 ملم وتصل الى 2400ملم بإقطار 16 أو26 أو38 ملمتر حيث بدأ انتاج هذه الأنواع من المصابيح في بداية الأربعينات من القرن الماضي ، وتم تطويره وتصغيره إلى أن ظهرت الأنواع المدمجة Compact Fluorescent Lamps) CFL) التي تسمى بالمصابيح الإقتصادية أو الموفرة للطاقة الذي شائع إستخدامها في الوقت الحاضر ، ويبين الشكل (3 – 9) نماذج صورية لمصابيح الفلورية.



الشكل (3-9) أنواع المصباح الفلوري (الفلورسنت).

إن الأنواع المعتمدة والشائعة تحمل الرمز T أو TL بالنسبة لمصابيح الفلورسنت الأعتيادية. أما المصابيح المدمجة فتحمل الرمز TC ويصل العمر التشغيلي لمصابيح الفلورسنت قدرة 40 واط , 65 واط, 80 واط , 125 واط , بين 5000 ساعة إلى 7500 ساعة حسب الأنواع والمناشئ الصناعية . وهذا العمر محسوب على أساس ثمانية عمليات غلق وفتح خلال 24 ساعة . وكلما زادت عمليات

الغلق والفتح في اليوم كلما قصر العمر التشغيلي للمصباح ، ويوضح الشكل (3-10) نماذج مختلفة للمصابيح الفلورية المدمجة CFL.



الشكل (3-10) أنواع من المصابيح الفلورية المدمجة CFL الموفرة للطاقة .

3-2-4 مصابيح الزينون Xenon Lamps

إستناداً إلى تسميتها فإن مصابيح الزينون تملأ بغاز الزينون الذي يمتاز بأيوناته الموجبة الثقيلة ذات الانتقالية البطيئة . وتستخدم هذه المصابيح لقدرات عالية حوالي 2 كيلو واط وخاصة في مكائن (آلات) العرض السينمائية والبروجكترات الخارجية وقد تصل قدرات هذه المصابيح الى 10 أو 25 كيلو واط أو أكثر في اجهزة محاكاة الطاقة الشمسية والأفران الكهربائية وكثير من الأبحاث العلمية . أما المصابيح الصغيرة ذات القدرة الضوئية العالية فتستخدم في كثير من التطبيقات الضوئية لإنارة المحلات والمتاجروغيرها، وقد تم استخدام مصابيح عالية القدرة (65 كيلو واط) لإنارة ساحات الألعاب الأولمبية.

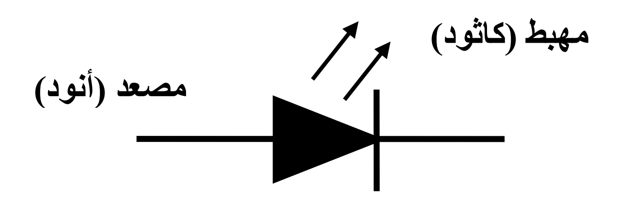
وتصنع مصابيح الزينون الصغيرة والمتوسطة القدرة بقدرات 150 ، 250 ، 500 ، 1000، 1500، 2000 و2500 واط ، كما تصنع المصابيح ذات القدرات المتوسطة بقدرات 5 كيلو واط ، 10 كيلو واط ، 20 كيلو واط و30 كيلو واط وهي متوفرة تجارياً ؛ أما المصابيح الكبيرة ذات القدرات العالية فأنها قد تصل إلى 300 كيلو واط . ويتراوح مقدار الكفاءة الضوئية للمصابيح ذات القدرة الصغيرة بين 18 و30 لومن / واط .

وبالرغم من كون هذه المصابيح تصنع بقدرات عالية إلا أن هناك مساوئ تحد من إستخداماتها تكمن بأرتفاع كلفتها وضخامة أجهزة التشغيل الملحقة بها وكبر حجمها . لذلك فهي محصورة الإستخدام في ستوديوهات التصوير وإنارة المساحات الكبيرة جداً ولا تستخدم في إنارة الأبنية إلا في أماكن خاصة.

3- 2 -5 مصابيح الثنائي الباعث للضوء LED

الثنائي الباعث للضوء - LED (Light-Emitting Diode) ويسمى أيضا الثنائي الضوئي هو مصدر ضوئي مصنوع من مواد شبه موصلة Semiconductors تبعث الضوء حينما يمر خلالها تيار كهربائي . بدء استخدام هذا النوع من الثنائيات سنة 1962 كمصابيح إشارة صغيرة في الدوائر الألكترونية . في البدء كان الثنائي يبعث ضوءا واحدا أحمر اللون ضعيفا، لكن مع الوقت أمكن تطويره ليولد جميع الألوان في الحزمة الضوئية المرئية إضافة الى الأمواج فوق البنفسجية وتحت الحمراء .

يتكون الثنائي الباعث للضوء الذي رمزه مبين في الشكل (3-11) من مصعد (أنود) و مهبط (كاثود) فعند ايصال فولتية موجبة على طرف الأنود وسالبة على الكاثود ينحاز الثنائي انحيازا موجبا ويمر خلاله تيار كهربائي يثير الذرات في شبه الموصل فتكتسب إلكتروناتها مستوى عال من الطاقة فتصبح قادرة على الإقتران بالفجوات الموجودة في شبه الموصل محررة بذلك طاقة بصيغة فوتونات ، أي شعاع ضوء ذو تردد محدد وبالتالي له طول موجة ولون محددين. وباختيار مادة الثنائي يمكن الحصول على لون الضوء الصادر المطلوب وهذا يتعلق باختيار المادة المناسبة .



الشكل (3-11) رمز الثنائي الضوئي .

وتستخدم المصابيح المصنوعة من الثنائي الضوئي في الوقت الحاضر في إنارة المطارات ومصابيح السيارات والإنارة العامة وكثيرا ما يُستعمل في اللوحات الكبيرة المنيرة والإنارة الغامرة الخارجية للأبنية والنصب التذكارية وغيرها. ولمصباح الثنائي الضوئي ميزات كثيره يتفوق بها عن الوسائل المعتادة للإضاءة. فاستهلاكه للقدرة الكهربائية قليل جدا ، وعمره طويل ، ويتحمل الصدمات . ويبين الجدول (3- 3) مقارنة لإستهلاك الطاقة بين مصابيح توهجية ومصابيح LED ومصابيح فلورية موفرة للطاقة CFL تعطي شدة استنارة متساوية .

يتضح من الجدول (3-3) أن المصباح LED يوفر 82 % من الطاقة مقارنة مع المصباح التوهجي و57% مقارنة بالمصباح الفلوري المدمج .

ويبين الشكل (3-12) أنواع تجارية شائعة الإستخدام من مصابيح LED .

الجدول (3-3) مقارنة بين مصباح الثنائي الضوئي مع مصابيح أخرى .

نوع المصباح	مصباح الثنائي الضوئي LED	مصباح توفير الطاقة CFL	مصباح عادي حراري
عمر التشغيل الإفتراضي بالساعة	**50,000** **قابل للإصلاح أوالتجديد**	**10,000** **غير قابل للإصلاح**	**1500** **غير قابل للإصلاح**
إستهلاك القدرة لإعطاء 1600 لومن	**18 واط**	**32 واط**	**100 واط**
الكلفة التقريبية بالدولار	**9.8**	**5.6**	**0.7**
كمية الطاقة المستهلكة خلال 50,000 ساعة	**900 كيلواط**	**1600 كيلواط**	**5000كيلواط**
إشعاع الحرارة	**أقل من 5 وحدات بالساعة**	**أقل من 20 وحدة بالساعة**	**أقل من 85 وحدة بالساعة**
المزايا	**- قوية وتتحمل الصدمات** **-لا تتأثر بارتفاع وانخفاض الفولتية** **- مهيئة لتكرار التشغيل**	**- سريعة الكسر** **- تتأثر بتذبذب الفولتية** **- تكرار التشغيل يؤثر على عمرها التشغيلى**	**- - سريعة الكسر** **- تتأثر بتذبذب الفولتية** **- تكرار التشغيل يؤثر على عمرها التشغيلى**
التأثير على البيئة	**لا تحتوي على مواد سامة أو ضارة**	**تحتوي على الزئبق والرصاص الملوثة للبيئة والسامة**	**تسبب انبعاث اول وثاني أوكسيد الكاربون نتيجة استهلاكها للقدرة العالية**



8 واط

نوع مرن

الشكل (3-12) نماذج من أنواع شائعة لمصابيح الثنائي الضوئي .

6-2-3 مصابيح الألياف الضوئية

بدأ التوجه في العالم لإستخدام الألياف الضوئية منذ اكتشاف الليزر سنة 1958 وفي العقدين الأخيرين من القرن الماضي إزداد إستخدام هذه الألياف الحاملة للضوء والمصنوعة عموماً من مادة السليكا الخالصة الرخيصة الثمن . كذلك بدأ في مطلع الثمانينات إنتاج ألياف ضوئية من البلاستك الشفاف جدا الذي يدعى بالبولسترين الذي يعمل بدرجات حرارة عالية (80-100) درجة مئوية . وتنقل حزم الألياف الضوئية الضوء بداخلها مكونة مايشبه المصباح يستخدم لإنارة أماكن معينة خاصة تلك التي تتطلب درجة وهج قليلة جداً وتكون مريحة لعين الإنسان . هذه المصابيح وتراكيبها الإنارية متوفرة في الأسواق العالمية في الوقت الحاضر، وقد دخلت الوطن العربي مؤخراً بأشكال ديكورية فقط وليست على النطاق العام، أنظر الشكل (3-13) .



الشكل (3-13) نماذج من مصابيح ألألياف الضوئية .

تتألف المنظومات الضوئية لمصابيح الألياف الضوئية من جزئين رئيسيين هما : 1- مصدر الضوء، 2 - الكيبل الضوئي . يكون مصدر الضوء عبارة عن بروجكتور حاوي على مصباح هاليدي Metal Halide Light Sources بقدرة 150 – 250 واط (حسب الحاجة)، حيث يمتاز هذا المصباح بقابليته على اعطاء ضوء قوي وفاقع وقد يعطي أكثر من لون ويمكن التحكم بشدة الضوء المنبعث منه بواسطة مخفتات الضوء Dimmers . وقد تستخدم مصادر للضوء حاوية على مصباح تنكستون هالوجيني Tungsten Halogen (50 – 75) واط بفولتية منخفضة جدا ويبين الشكل (3-14) نوعين من مصادر الضوء المستخدمة في الوقت الحاضر.





الشكل (3-14) مصادر ضوئية خاصة بمصابيح الألياف الضوئية.

يتم تركيب مصدر الضوء في مكان مخفي لايرى من قبل الناظر (كأن يوضع فوق السقف الثانوي مثلا) ويتم نقل الضوء الى تركيب الإنارة عن طريق كيبل الألياف الضوئية الذي يصنع عادة بطول قياسي 50 سنتمتر ، لاحظ الشكل (3-15) الذي يوضح ثريا كبيرة من الألياف الضوئية تتغذى من

كيبل ضوئي بطول قياسي 50 سم يمكن إطالته الى 5 متر

سقف ثانوي

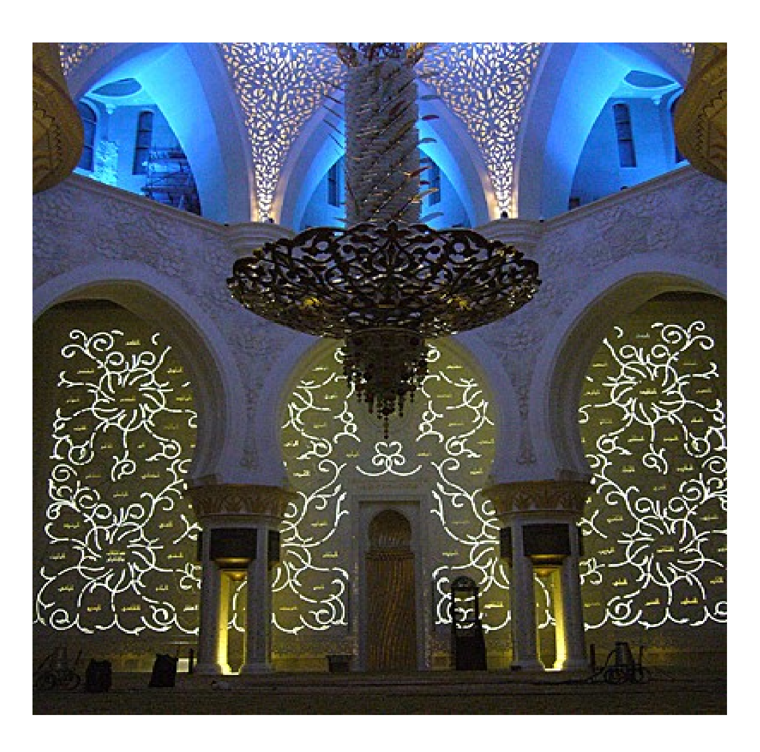
مصدر الضوء

فتحة في السقف

الثريا (النجفة)

الشكل (3-15) طريقة توصيل مصدر الضوء مع مصباح الألياف الضوئية (الثريا).

مصدر ضوئي مخفي . كما يمكن وضع مصدر الضوء في مكان بعيد عن الثريا قد يصل الى خمسة أمتار.تجدر الإشارة الى ان مصابيح الألياف الضوئية انتشرت في دول الخليج العربي لأغراض الإنارة الداخلية Interior Lightings وخاصة في دور العبادة والأبنية العامة ، ويبين الشكل (3-16) استخدام مصابيح الألياف الضوئية في الإنارة الداخلية لأحد المساجد في دولة الإمارات العربية والذي حاز على الجائزة الأولى في تصاميم الإنارة الداخلية العالمية سنة 2007 .



الشكل (3-16) إنارة داخلية لأحد المساجد باستخدام مصابيح الألياف الضوئية.

3-3 تصاميم ألإنارة

تعد تصاميم الإنارة من التصاميم الأساسية الداخلة في كل بناية أو مشروع ويجب أن تتميز هذه التصاميم بإعطائها الإنارة المناسبة والكافية بطريقة بحيث تفي بالغرض المصممة لإجله في أي مكان من شدة إضاءة ، وتوزيع مناسب وسهولة في التصميم ، وقلة في التكاليف الإقتصادية ، وراحة لعيون الأشخاص الذين يستخدمون البناية . ويمكن تقسيم تصاميم الإنارة بصورة عامة إلى :-

1. الإنارة الداخلية Interior Lighting
2. الإنارة الجمالية Decorative Lighting
3. الإنارة الخارجية Outdoor Lighting
4. إنارة الطوارئ Emergency Lighting
5. إنارة الأمان (السلامة) Safety Lighting

الإنارة الداخلية

تدخل في عملية تصميم الإنارة الداخلية عدة عوامل مهمة وأساسية التي يجب أخذها بعين الإعتبار عند البدء بتصميم إنارة مبنى أو مشروع ، من هذه العوامل مثلاً معرفة الأمور الآتية :-

- الهدف من المشروع .
- طبيعة استخداماته .
- الشكل المعماري العام.
- الأشخاص الذين يستخدمون المبنى .
- هل المبنى لإغراض دائمية أو وقتية .
- الناحية الإقتصادية (حسب التخصيصات المالية للمشروع) .

إن عملية تصميم الإنارة لإي مشروع أو بناية تتطلب معرفة مسبقة للعومل أعلاه ودراستها بصورة شاملة وفي ضوء هذه الدراسة يتم اختيار طريقة التصميم وأنواع تراكيب الإنارة الملائمة للإستخدام حيث أن طبيعة إستخدام البناية لها أهمية كبيرة في اختيار هذه التراكيب. وكما سيرد لاحقاً ، فإن تراكيب الإنارة المستخدمة مثلا للأبنية المكتبية تختلف في تصميمها ونوعيتها عن تلك المستخدمة في أبنية الورش الميكانيكية و الصناعية أو تلك التي تستخدم في المخازن ، كذلك فإن لطبيعة العمل في البناية أهمية في اختيار التركيب الملائم ، إذ أن هناك بعض الأبنية أو الورش التي تتعامل بالغازات القابلة للإشتعال أو المتفجرة فيتم في مثل هذه الحالات استخدام أنواع من تراكيب الإنارة تعرف بتراكيب ضد الإنفجار Explosion – proof التي تصمم بطريقة بحيث لا يؤدي اشتغالها إلى حدوث شرارة تسبب إنفجارا. وفي بعض المنشأت التي يكون محيطها العام حاوياً على بخار الماء أو رطباً أو تتعرض التراكيب إلى الرش بالماء أو الرذاذ ، يتم اختيار أنواع من التراكيب تكون محمية ضد الرطوبة أو الماء الساقط عليها وتدعى بالتراكيب المطرية Water – Proof . وهكذا فإن لكل مكان ولكل طبيعة عمل توجد أنواع من التراكيب الملائمة إليها والتي تتعلق أيضا بظروف ذلك المكان مثل درجات الحرارة المحيطة ، حالة النظافة ، فتره العمل ، مدى توفر ضوء النهار الطبيعي (من الشمس) في البناية وإمكانية استغلاله.....الخ.

كما أن لشكل البناية العام وطابعها المعماري لهما تاثير كبير في اختيار التصميم والتركيب المناسب حيث أن بعض الأبنية لها أشكال ديكورية يتطلب أن تكون تراكيب الإنارة جزءاً من هذا الديكور تتناسق مع مظهرها إضافة إلى إعطائها شدة الإضاءة المطلوبة ، ويؤخذ بعين الاعتبار عند التصميم أهمية الأشخاص الذين سيشغلون البناية وطبيعة وظائفهم ومناصبهم الإدارية . ويراعى في اختيار التراكيب كذلك معرفة هل أن البناية هي لإغراض دائمية أو وقتية ، كأن تكون بناءً جاهزاً مثلاً أو

مسقفاً ، فإن التراكيب المستخدمة في هذه الحالة يجب أن لا تكون مكلفة مقارنة بالتراكيب التي تستخدم للإبنية الدائمية . وفي معظم الأحيان فإن التصاميم كثيراً ما تأخذ بعين الإعتبار التخصيصات المالية للمشروع أو المبنى ، لذا يجب أن يكون التصميم اقتصادياً إذا كانت التخصيصات المالية قليلة .

1-3-3 تراكيب (وحدات) الإنارة ونظم الإنارة

تنتج الشركات العالمية لصناعة تراكيب الإنارة Luminaires ،وتسمى أيضا أطقم أو وحدات الإنارة، أنواعاً مختلفة وكثيرة جداً من الصعب حصرها إلا أنها متوفرة في العموم في أدلة (كتلوكات) تلك الشركات و مواقعها على الشبكة الدولية (الإنترنت) . ومن أهم تلك الشركات على سبيل المثال شركة فيليبس الهولندية وشركة ثورن البريطانية وشركة رجلكس و شركة سيمنس الألمانيتين وشركة أكزين الإيطالية وهبل الأمريكية وغيرها ، وتؤمن هذه الشركات تراكيب إنارة للأغراض العامة للأبنية أو التراكيب الخاصة بالمنشأت الصناعية أو التراكيب الخارجية للأبنية والشوارع والساحات العامة وغيرها.

تتكون تراكيب الإنارة بصورة عامة من أجزاء مختلفة حسب أنواعها وأجزاء هذه التراكيب مصممة لتوزيع الإنارة أو لحماية المصباح ، وهناك تراكيب ذات مواصفات معينه تستخدم في بعض المناطق الخاصة ، وتحتوي هذه التراكيب على أجزاء لها القابلية على عكس الإضاءة أو تشتيتها حسب إستخدامها. ومما تجدر الإشارة إليه هو أن الإسم (Luminaire) أطلق على تركيب الإنارة بدلاً من الإسم القديم (Lighting Fitting) لغرض توحيد الإسم بين جميع الدول في المواصفات الدولية القياسية IEC .

وتقسم تراكيب الإنارة الى قسمين رئيسيين:

(1) تراكيب الإنارة الجمالية (الديكورية) Decorative Luminaires

(2) تراكيب الإنارة الوظيفية Functional Luminaires

غالباً ما تتخذ التراكيب الجمالية (الديكورية) أشكالاً مختلفة جميلة المنظر مؤلفة من قطع عديدة أو قطعة واحدة تحيط بمصدر الضوء (المصباح) تبدأ من التراكيب المعلقة أو الجدارية وتنتهي بالثريات (النجفات) الكبيرة ذات الكلف الباهضة والتي عادة ما توضع في مداخل الأبنية والفنادق الراقية والقاعات الرئيسية. أما التراكيب الوظيفية فتستخدم حينما تكون هناك حاجة للسيطرة أو التحكم في الضوء لتحقيق متطلبات الكفاءة الضوئية العالية والوهج المنخفض Low glare حيث يعد الوهج المنبعث من المصباح من العوامل المؤثرة على العين البشرية نتيجة الإنعكاسات الضوئية ويؤخذ بالإعتبار في تصاميم الإنارة المريحة. وكلما كان الوهج قليلا كلما ارتاحت العين البشرية لمصدر الضوء الإصطناعي. على هذا الأساس يمكن تقسيم تراكيب الإنارة من ناحية تشتيتها أو عكسها للضوء حسب مستوى النظر كالأتي :

نوع الإستنارة لتركيب الانارة		للاعلى (Upward)	للاسفل (Downward)
مباشر	(Direct)	صفر - 10%	90 – 100%
شبه مباشر	(Semi-direct)	10 – 40 %	60 – 90 %
نشر عام للضوء	(General diffuse)	40 – 60 %	40 – 60 %
شبه غير مباشر	(Semi-indirect)	60 – 90 %	10 – 40 %
غير مباشر	(Indirect)	90 – 100 %	5 – 10 %

ويجب أن تتوفر في تركيب الإنارة المظهر الخارجي الجميل والمقبول للذوق العام والتصميم العملي الجيد والسهل من حيث التجميع الميكانيكي وأغراض الصيانة والثمن المعقول.ويتم تصنيع أجسام تراكيب الإنارة من مواد متعددة أهمها الألواح المعدنية Sheet Steel والبلاستك بانواعه المختلفة مثل البوليستايرين Polystyrene والأكرالك Acrylic والبلاستك المقوى بالزجاج والفينوليك Phenolic الذي يستخدم عادة في تصنيع ملحقات التركيب مثل حوامل المصابيح وقواعد المصاهر (الفيوزات) لكونه يمتلك خاصية جيدة لمقاومة اللهب عند الحريق Flame-Resistant . ووفقاً لجميع المواصفات القياسية في كل الدول والمواصفات الدولية IEC تخضع تراكيب الإنارة عند تصنيعها لمتطلبات صناعية قياسية منها :

(1) المتطلبات الميكانيكية Mechanical Requirements

(2) المتطلبات الكهربائية Electrical Requirements

(3) متطلبات الحاويات Enclosure Requirements

(4) المتطلبات الحرارية Thermal Requirements

إلى جانب المتانة الميكانيكية للتركيب ومتطلبات الأمان الكهربائية ونوعية الحاوية فهناك متطلبات حرارية تتلخص بقابلية التركيب على التخلص من الحرارة المتولدة داخله بالحمل والتوصيل والاشعاع ويعد الصبغ أو الطلاء الأبيض الذي تطلى معظم قواعد التراكيب به من أفضل عواكس الضوء ويمتص قسما كبيرا من الأشعتين تحت الحمراء وفوق البنفسجية ؛ ولا يتسع المجال في هذا الكتاب للتطرق إلى نسب تبديد الحرارة لإنواع التراكيب . وينصح القارئ الى مراجعتها في المرجع رقم 6 المذكور في نهاية الكتاب.

تقسم الإنارة الداخلية أيضا إلى نوعين :-

(1) الإنارة العامة General Lighting.

(2) الإنارة الموضعية Local lighting.

الإنارة العامة General Lighting:

وتمثل الإنارة الداخلية العامة للبناية لكل أجزاءها ومرافقها وتكون شدة الإنارة في كل جزء منها متجانسة حسب الشدة المطلوبة لكل مكان ، وهذا النوع من الإنارة يتطلب تقسيم أو توزيع تراكيب الإنارة بطريقة هندسية متجانسة وليس من الضروري أن تكون لهذا النوع من الإنارة علاقة بطريقة توزيع الاثاث أو المكائن أو المعدات المستخدمة في ذلك المكان .

الإنارة الموضعية Local Lighting :

الإنارة الموضعية هي الإنارة التي تضئ مساحة معينه بصورة مركزة دون الأخذ بعين الإعتبار المساحات المحيطة ، كالإنارة المركزة على المكائن وصالات عرض الرسوم والمواد الأثرية في المتاحف ... الخ . وتستخدم في هذه الحالات تراكيب الإنارة التي تثبت بصورة قريبة من المكان المراد إضاءته ، أو في بعض الاحيان من مكان بعيد وذلك بإستخدام مصابيح خاصة تدعى الأضواء المركزة النقطية Spot Lights أو الأضواء المتجهة للأسفل Down Lights . وتستخدم هذه الطريقة لتحقيق الإقتصاد في عدد التراكيب حيث لا يتطلب في بعض الأماكن أو القاعات أو الورش شدة إضاءة عالية جداً لجميع المساحة إلا في مناطق معينة . وتؤمن هذه الطريقة أيضا توفيرا في الطاقة الكهربائية المستهلكة بشكل عام .

3-3-2 المصطلحات الأساسية لتكنولوجيا الإنارة

قبل البدء في شرح طرق حساب الإنارة يجب الإلمام بالمفاهيم والمصطلحات الأساسية المهمة لتكنولوجيا الإنارة الآتية:

1- الدفق المنير (الفيض الضوئي) Luminous Flux : وهو كمية الضوء الكلية التي يبعثها مصدر الضوء ، ووحدته لومن Lumen ويرمز له بالحرف (Φ) اللاتيني.

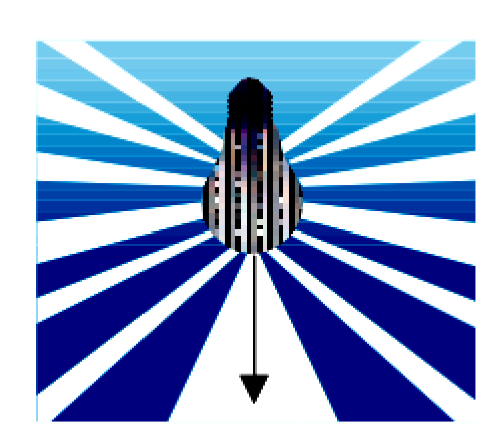
الرمز	Φ
الوحدة	لومن Lumen



2- الشدة المنيرية (شدة الإضاءة) Luminous Intensity : تعرف الشدة المنيرية لمصدر ضوء نقطي في اتجاه معلوم بانها الدفق المنير Φ الذي يشعه مصدر الضوء النقطي في وحدة الزاوية المجسمة Ω في ذلك الإتجاه. وتقدر الشدة المنيرية بالكانديلا (cd) ويرمز لها بالحرف (I) حيث :

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \qquad (3\text{-}1)$$

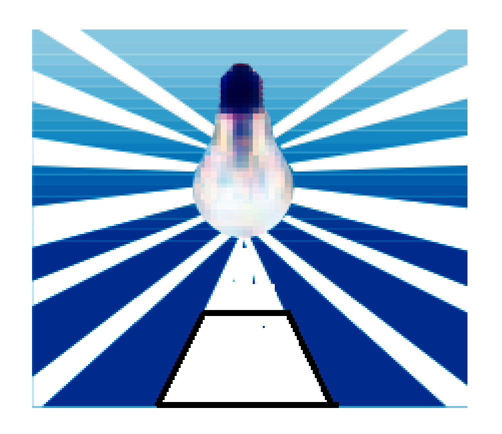
وتعرف أيضا بوصفها القدرة الضوئية المنبعثة من مصدر الضوء باتجاه محدد .



الرمز	I
الوحدة	**Candela (cd) كانديلا**

3- شدة الإستنارة Illuminance: وهي مقدار الدفق المنير مقسوم على المساحة السطحية المحددة. ووحدتها اللومن/ المتر المربع أو اللوكس ($lumen/m^2$ أو Lux) ويرمز لها بالحرف E وهي الوحدة الأساس لحساب الإنارة في الأبنية والمنشآت ، حيث :

$$E = \frac{\Phi}{A} \qquad (3\text{-}2)$$



الرمز	E
الوحدة	**لوكس**

4- توزيع الشدة المنيرية Luminous intensity distribution : وهي منحنيات توزيع الشدة المنيرية أو شدة الإضاءة موضحة بالقياس في دليل (كتلوك) تركيب الإنارة حول محور يرسم بزاوية قائمة مع محور المصباح المستخدم في التركيب لمصباح يبعث 1000 لومن من الدفق المنير.

5 مخطط الآيزولوكس Iso-lux diagram : إن القيم المعطاة في مخطط الآيزولوكس هي لشدة الإضاءة الأفقية . وتحسب قيم هذه المخططات في أغلب الحالات لغرف ذات عوامل انعكاس

0.7/0.5/0.3 وتعني (0.7 للسقف و 0.5 للجدران و 0.3 للأرضية) وسنأتي على ذكر هذه العومل لاحقاً.

تختلف شدة الإستنارة المطلوبة في أي مشروع أو بناية من مكان لآخر، ويعتمد ذلك على عدة عوامل منها طبيعة إستخدام البناية وطبيعة العمل الجاري فيها إضافة للعوامل المحيطة مثل الإنارة الطبيعية (ضوء الشمس) كما ذكر سلفا . وقد وضعت في دول العالم عدة مواصفات و متطلبات قياسية تحدد معدلات لشدة الإستنارة للأماكن العامة. وهذه المواصفات قد تختلف وتعتمد في تحديدها لشدة الإستنارة لمكان معين من بلد لآخر على عدة عوامل ، منها متعلقة بالطبيعة ومستوى الثقافة ومستوى الصيانة ... وغيرها ، إلا أنه يمكن إعتماد القيم المتوسطة المعطاة وفق المواصفات العالمية المتعارف عليها . ويبين الجدول (3-4) شدة الإستنارة المطلوبة لمختلف الأماكن.

3-3- 3 طرق حساب الإنارة

توجد ثلاث طرق رئيسية لحساب الإنارة في الأبنية وهي :

1- قانون التربيع العكسي Inverse square law

2- قانون الجيب تمام Cosine law

3- طريقة اللومن Lumen method

وتعد الطريقة الثالثة التي تدعى طريقة اللومن Lumen Method من أهم وأكثرالطرق المعمول بها والسائدة في حسابات تصاميم الإنارة الداخلية للأبنية Interior lighting design ، أما الطريقتان الأولى والثانية فتستخدمان لحسابات الإنارة الخارجية والشوارع والنصب والساحات العامة بصورة أوسع ، وسنتطرق الى هذا الموضع في الفصل الرابع ، حيث أنه في هذه المرحلة سنقوم بالتركيز على الإنارة الداخلية للأبنية وحساباتها بإستخدام طريقة اللومن .

بصورة عامة يمكن التعبير عن طريقة اللومن الشائعة بالمعادلة الرياضية الآتية :

$$\Phi = \frac{E_{av} \text{ x } A}{UF \text{ x } MF} \qquad (3\text{-}3)$$

حيث أن:

Φ : الدفق المنير الكلي المطلوب مقدرا باللومن.

Eav : معدل شدة الإستنارة الساقطة على منضدة العمل (باللوكس).

UF : عامل الإفادة (الإنتفاع) Utilization factor

A : مساحة سطح العمل Area of the working plane

MF : عامل الصيانة ، ويأخذ هذا العامل بعين الإعتبار المفاقيد الضوئية بسب تراكم الغبار على التركيب والمصابيح وكذلك على سطوح الغرفة وغيرها من العوامل.

جدول (3-4) معدل شدة الإستنارة (E_{av}) للاماكن العامة و الخاصة .

المكان Area	شدة الإستنارة المطلوبة باللوكس (Lux)	المكان Area	شدة الإستنارة المطلوبة باللوكس (Lux)
الفضاءات في الابنية العامة		**الاعمال الكيميائية**	
المداخل	100	المداخل العامة لحقول المعامل الكيمائية	300
الدرج والمصاعد	150	العمليات الاوتوماتيكية (التلقائية)	150
المرافق الصحية	150	غرف السيطرة والمختبرات	500
المخازن	150	**المصانع الكهربائية**	
ورش التجميع		تصنيع الكيبلات	300
تجميع المكائن	500	تجميع الملفات للمحركات والمولدات والمحولات الكهربائية	750
تجميع الاجهزة الاليكترونية	750	**الورش الميكانيكية**	
تجميع اجهزة القياس والاجهزة الدقيقة	1500	منضدة العمل للاعمال الميكانيكية العامة	300
المحطات الميكانيكية والكهربائية	300-150	منضدة العمل للاعمال الميكانيكية المتوسطة الدقة	500
ورش الصباغة		منضدة العمل للاعمال الميكانيكية الدقيقة	750
صبغ خام	300		
صبغ اعتيادي	750	أعمال اللحام	300
المكاتب		**فضاءات الخدمة service establishments**	
مكاتب عامة	400	المكوى(اللوندري)	300
غرف الطابعة	500	صالونات الحلاقة	500
غرف الحاسبة والبرامجيات	500	اماكن التجميل	750
غرفة المرسم	750	غرف عرض المبيعات	300
غرف الاجتماعات والمؤتمرات	600-500	غرف صناديق الحسابات (دفع واستلام المبالغ والعملات)	500

تابع جدول (3-4)			
حقول الطاقة Power Plants		الانارة المنزلية	
غرف المراجل	150	غرف المعيشة	100
غرف مضخات الزيوت	150	غرف المطالعة (غير الدائمية)	200
غرف معالجة الماء	100	غرف الخياطة	600
غـــرف اللوحـــات الكهربائيـــة (في المحطات)	150	غرف القراءة	400
غرفة المولدات	300	غرف النوم	200-50
فضاءات الخدمة service establishments		المطبخ	200
استعلامات الفنادق والنوادي	200	الحمام	100
المطابخ	500	الممرات	100
غرف الطعام	200	الادرج	100-50
الكافتريات	300	الورش المنزلية	400

المكتبات العامة	
غرف المطالعة (الصحف و المجلات)	200
مناضد القراءة	400
الاستقبال	600
مخازن الكتب المغلقة	100
غرف تجليد الكتب	600
غرف مخازن الكتب المفتوحة	400
المستشفيات	
غرف العمليات	1500-400
مصباح العمليات الرئيسي	10000-2000
غرفة التخدير	300
غرفة الافاقة والانعاش	300-50
غرفة العناية المركزة	300-50
الممرات	200-100
ردهات المرضى (عام)	200
ردهات المرضى (في الليل)	50
اماكن الممرضات (عام)	300
اماكن الممرضات (في الليل)	30
غرف الاطباء	300

وتدخل في هذه الطريقة حساب عدة متطلبات وعوامل أخرى هي :

أ- دليل الغرفة Room Index :

ويقصد بدليل الغرفة كل ما يتعلق بالغرفة أو المساحة المراد اضاءتها من أبعاد هندسية ، أي مساحة الغرفة وإرتفاعها والإرتفاع المفيد والإنعكاسات الناتجة عن جدران وسقف وأرضية الغرفة ويمكن تفصيل دليل الغرفة كما يلي :-

- ❖ أبعاد الغرفة Room dimensions
  - الطول (Length) (a)
  - العرض (Width) (b)
  - الإرتفاع (Height) (h)
- ❖ الإرتفاع المفيد (h_k) (Useful Height).

ويقصد به الإرتفاع الذي يحسب عليه شدة الإضاءة كأن يكون منضدة عمل مثلاً ، ويمكن حساب الإرتفاع المفيد كما يأتي :-

$$h_k = h - h_d \quad \text{or} \quad h_k = h - h_d - h_v \qquad \text{.........(3-4)}$$

حيث ان:

h_k = useful height الإرتفاع المفيد

h = room height إرتفاع الغرفة

h_d = height of working area إرتفاع سطح العمل الفعلي ويكون0.85 مترعادة

h_v = height of illumination unit hanging , measured from the Ceiling (m). إرتفاع تركيب الإنارة مقاس من السقف في حالة تعليقه (متر)

وبعد معرفة الإبعاد أعلاه يمكن حساب ما يسمى بدليل الغرفة (k) والذي يسمى احياناً بنسبة الغرفة (Room Ratio) أيضاً كالاتي :

$$Room\ \ Index(k) = \frac{a.b}{h_k(a+b)} \qquad (3\text{-}5)$$

ب- معامل الإنعكاس (ρ) :

ويقصد به الإنعكاسات الناتجة عن الضوء الساقط على السقف (Ceiling) والجدران (Walls) والارضية (Floor) ويمكن الحصول على قيم عوامل الإنعكاس بعد معرفة نوع الجدران والسقوف ولون طلائها ، ويبين الجدول (3-5) قيم متوسطة لإنعكاسات مواد البناء التقليدية.

جدول (3-5)
معامل الإنعكاس الضوئي لمواد البناء والسطوح الخارجية

المادة	عامل الانعكاس بنسبة الوحدة (P.U.)
الطابوق (الطوب) الاصفر	0.50
الطابوق(الطوب) الغامق	0.40
الطابوق(الطوب) الاحمر	0.30
السمنت	0.27
الكونكريت (الباطون)	0.55
حجر الكرانيت	0.40
المرمر (الرخام) الابيض	0.45
الصبغ (الابيض الثلجي)	0.70
الصبغ الفاتح اللون للجدران	0.5 -0.3
الزجاج النقي	0.70
الإسفلت	0.40
الأرض الزراعية	0.70
الكاشي (البلاط) الاسود	0.1
الكاشي الموزائيك الابيض	0.70
الكاشي الموزائيك الاحمر	0.30
الكاشي الموزائيك الاسود والابيض	0.20
المرمر (الرخام) الغامق للارضيات	0.1

جـ - عامل الإفادة (الإنتفاع) لتركيب الإنارة *UF* (Luminaire Utilization Factor):

يقصد بعامل الإفادة (يطلق عليه أيضا "عامل الإنتفاع " في بعض المراجع) هو مقدار شدة الإستنارة المفيدة التي تصل إلى مستوى منضدة العمل من تركيب إنارة معين . أي أن كل تركيب يتم اختياره في مكان ما يحسب له عامل إنتفاع خاص به. ويتناسب عامل الإنتفاع مع قيمة دليل الغرفة بحيث كلما إزدادت قيمة دليل الغرفة كلما إزدادت قيمة عامل الإفادة (*UF*) . ويمكن ملاحظة هذه العلاقة كما موضحة في الجدول (3-6) لتركيب إنارة مفرد معين له مواصفات معينة ولا يمكن تطبيقه على جميع تراكيب الإنارة. وقد يعطى عامل الإفادة لكل تركيب مباشرة ضمن أدلة (كتالوكات) الشركات المصنعة أو يحسب حساباً كما سيرد ذكره لاحقاً . على أية حال ففي المناطق المشمسة مثل منطقة الشرق الأوسط بصورة خاصة يمكن أخذ عوامل إنعكاسات قياسية للمواد المستخدمة في البناء وكالاتي:

السقوف 0.7 (السقوف البيضاء اللون)

الجدران 0.5 (لون الجدار أبيض مصفر)

الارض 0.2 (الكاشي (البلاط) الموزائيك الأسود والأبيض في أسوأ الأحوال)

ومن الجدير بالذكر هو أن بعض الشركات تعتمد هذه القيم وتعطي عوامل إنتفاع لتراكيب الإنارة التي تصنعها مباشرة.وهناك عوامل إنعكاسات قياسية أيضاً يمكن اعتمادها في التصميم السريع التقريبي وهي (0.5 ، 0.3 ، 0.1) عندما تؤخذ الغرف الإعتيادية الدارجة.

جدول (3-6) عوامل الإفادة (الإنتفاع) UF خاصة

بتركيب إنارة فلورسنت ذي مصباح مفرد له غطاء بلاستك مشتت للضوء نوع الحبيبات الهرمية (prismatic diffuser) – طول التركيب 1300 ملم (*).

انعكاسات الغرفة Room Reflection			دليل الغرفة Room Index								
C	W	F	.75	1.00	1.25	1.50	2.00	2.50	3.00	4.00	5.00
.70	.50	.20	.44	.50	.56	.60	.65	.69	.72	.75	.77
	.30		.38	.44	.50	.54	.60	.64	.68	.72	.74
	.10		.33	.40	.46	.50	.56	.61	.64	.69	.72
.50	.50	.20	.39	.44	.49	.52	.57	.60	.62	.65	.67
	.30		.34	.40	.44	.48	.53	.56	.59	.62	.64
	.10		.30	.36	.41	.44	.50	.53	.56	.60	.62
.30	.50	.20	.34	.39	.42	.45	.49	.51	.53	.55	.57
	.30		.30	.35	.39	.42	.46	.49	.51	.53	.55
	.10		.27	.32	.36	.39	.44	.47	.49	.52	.54
.00	.00	.00	.22	.26	.29	.31	.34	.36	.38	.40	.41

(*) ملاحظة : هذا الجدول يطبق على هذا النوع من التركيب فقط وليس عاما.

د - إختيار مصدر الضوء Selection of Light Source :

إن أحد النقاط الرئيسية في تصاميم الإنارة هو إختيار مصدر الضوء ، أي نوع المصباح المستعمل ومعرفة كمية الضوء (Lumen) المنبعث منه ولونه . ويعتمد ذلك كما أسلفنا على طبيعة المكان وخبرة المصمم.

هـ - إختيار تركيب الإنارة Selection of Luminaire :

يعتمد إختيار تركيب الإنارة على عدة نقاط منها :

1- نوعية إستخدام الغرفة.

2- طريقة الإنارة المطلوبة.

3- شدة الإستنارة المطلوبة.

4- درجة الحماية لمصدر الإنارة (المصباح) بالنسبه لتلك الغرفة.

5- الملائمة مع الديكور أو الشكل المعماري للغرفة المضاءة.

و- عامل الصيانة (Maintenance factor) MF :

يدخل عامل الصيانة في حسابات شدة الإضاءة ، حيث أن مصابيح وتراكيب الإنارة تحتاج إلى صيانة أو تبديل بسبب الأوساخ والأتربة التي تتراكم عليها بمرورالزمن ؛ إضافة إلى أن كمية الضوء و شدته المنبعثة من أي مصباح تقل بمرور الزمن . بصورة عامة يؤخذ عامل صيانة موحد للمشروع أو لكل

مكان على حدة فمثلاً يؤخذ في غرف المكاتب النظيفة (MF=0.8) والمتوسطة النظافة (MF=0.7)، لاحظ الجدول (3-7).

جدول (3-7) عامل الصيانة (MF)

عامل الصيانة الكلي	عامل الصيانة لإتساخ سطح التركيب والغرفة	عامل الصيانة للمصباح	تصنيف الغرفة من حيث النظافة
0.85-0.9	0.85	0.09	very clean نظيفة جداً
0.8	0.9	0.9	clean نظيفة
0.7	0.8	0.9	average متوسطة
0.6	0.7	0.9	dirty متسخة

وبعد معرفة العوامل أعلاه التي تدخل في حسابات الإنارة يمكن تطبيق المعادلة التالية التي تعطي معدل شدة الإستنارة E_{av} المطلوبة مقدرة باللوكس :

$$E_{av}(\text{lux}) = \frac{\Phi\,(lamp\ \ lumen)\,x\ \ Number\ \ \text{of}\,lamps\ \ x\ \ UF\ \ x\ \ MF}{Area(sq.m)}$$

(3-6)

أو أن عدد المصابيح المطلوبة يمكن أن يحسب كالآتي:

$$\text{No. of lamps} = \frac{E_{av}\,(lux)\ x\ \ Area(m^2)}{\Phi(\text{lamp lumen})x\ \ UF\ \ x\ \ MF}$$

(3-7)

مثال 3-1:

غرفة مكتب أبعادها 8×6 م وارتفاع سقفها 2.85 م وعوامل الإنعكاسات هي كما يأتي:

السقف (C) = 0.70 ، الجدران (W) = 0.30 ، الأرضية (F) =0.20

يراد إنارتها باستخدام تركيب إنارة مفرد من نوع فلورسنت ذو مصباح قدرة 38 واط وبطول 1050 ملم يبعث لوناً أبيضاً (يعادل مصباح 40 واط بطول 4 قدم المتوفر في الأسواق)، للتركيب قاعدة تحوي المصباح وغطاء بلاستيك شفاف محبب والحبوب على شكل أهرام صغيرة لتشتيت الضوء ويدعى هذا الغطاء بالمشتت الضوئي ذي الحبيبات الهرمية Prismatic diffuser . قيمة اللومن لهذا المصباح هي (3300 لومن) . إحسب عدد تراكيب الإنارة المطلوبة لهذه الغرفة.

الحل :

من أبعاد الغرفة يمكن إستخراج قيمة دليل الغرفة (k) من المعادلة (3-5) كالاتي: يحسب أولا h_k وهو الإرتفاع المفيد أي ارتفاع تركيب الإنارة عن مستوى منضدة العمل من المعادلة (3-4) علما أن مستوى المنضده هو على إرتفاع (0.85m) تقريباً عن مستوى الأرض ، ونعتبر أن التركيب مثبت مباشرةعلى السقف ليكون h_v يساوي صفراً أي أن.

$$h_k = 2.85-0.85 =2 \text{ m}$$

لذا يكون دليل الغرفة

$$k = \frac{6\, x\, 8}{2\, x\, (6+8)} = 1.71$$

ومن الجدول (3-6) تكون قيمة عامل الإفادة .U.F تقريبا = 0.57

وإذا اعتبرنا غرفة المكتب متوسطة النظافة فمن الجدول (3-7) تكون قيمة .M.F = 0.7 .

وباستخدام المعادلة (3-7) التالية:

$$N = \text{No. of luminaires} = \frac{lux\ \ required\ \ x\ \ Area(m^2)}{lamp\ \ lumen\ \ x\ \ UF\ \ x\ \ MF}$$

ومن مراجعة الجدول رقم (3-4) نعرف أن شدة الإستنارة المطلوبة لغرفة المكتب هي 400 لوكس ، عليه يكون عدد تراكيب الإنارة المطلوب :

$$N = \frac{400\, x\, 48}{3300\, x\, 0.7\, x\, 0.57} = 14.58 \approx 15$$

إذا يكون عدد التراكيب هو 15 تركيب من النوع المفرد ونظراً لأن توزيع 15 تركيبا مفردا داخل الغرفة يكون منظره غير ملائم لذا يفضل استخدام تراكيب ذات مصباح فلورسنت مزدوج أي 2x36W وبهذا يكون عدد التراكيب اللازمة لإنارة غرفة المكتب :

$$\frac{15}{2} = 7.5 \Rightarrow \text{ تركيب مزدوج}$$

وبما أنه لايمكن استخدام نصف تركيب لذا يختار العدد الصحيح الذي يليه وهو العدد 8 ، و يتم توزيع هذه التراكيب كما موضح في الشكل (3-17).

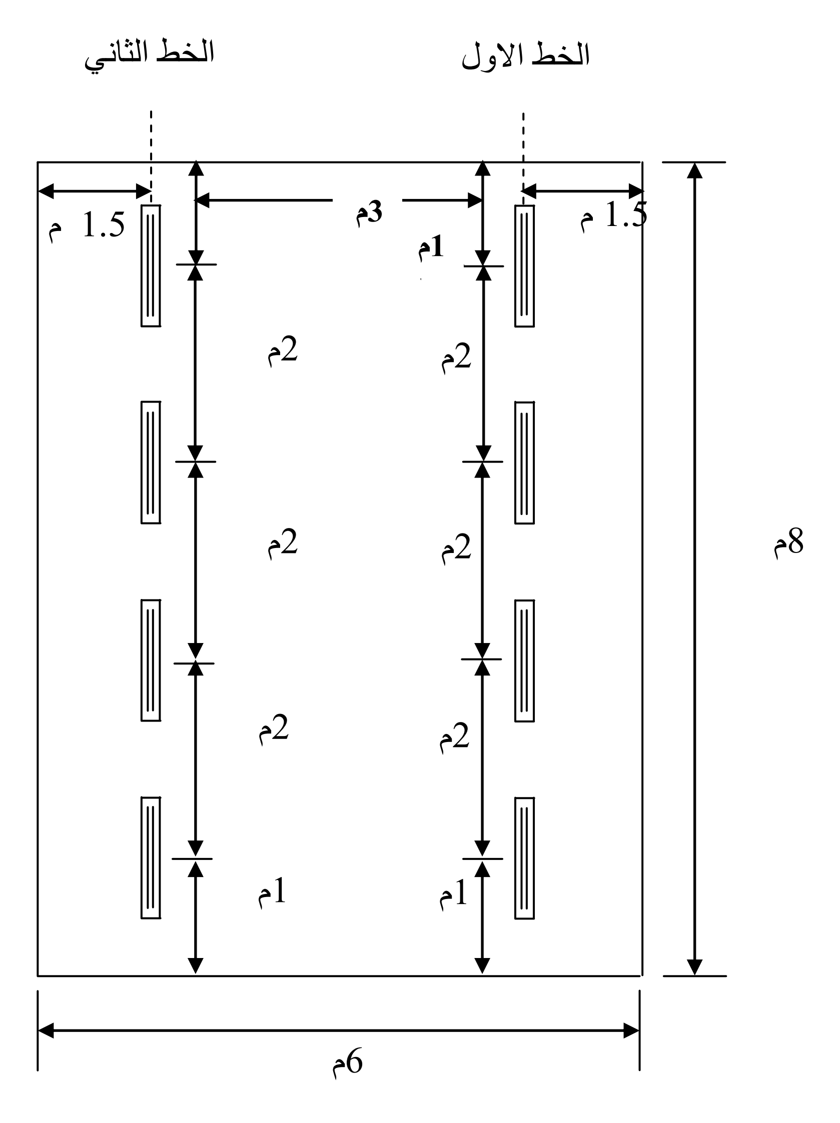
ولإجل توزيع التراكيب في المكتب نتبع الآتي:

بعد التركيب عن الجدار = (من $\frac{1}{2}$ إلى $\frac{1}{3}$) × ارتفاع الغرفة

وعادة يؤخذ ($\frac{1}{2}$) إذا كانت أبعادها متقاربة. أما إذا كانت أبعادها غير متقاربة أي أن الطول أكبر بـ (1.6) من العرض فيؤخذ ($\frac{1}{3}$) الإرتفاع.

بما أن ارتفاع الغرفة = 2.85 م وأبعادها متقاربة نوعاً ما ،

إذن بعد التركيب عن الجدار= $\frac{2.85}{2}$= 1.425 م اي 150سم



الشكل (3-17) توزيع تراكيب الإنارة في غرفة مكتب للمثال 3 - 1.

أما البعد بين تركيب وأخر فيحسب كالتالي :

$$\text{البعد بين تركيب وآخر} = \frac{\textbf{طول الغرفة}}{\textbf{عدد التراكيب في الخط الواحد}} = \frac{8}{4} = 2 \text{ م}$$

مثال 3- 2 :

احسب معدل شدة الإستنارة E_{av} لغرفة ذات أبعاد 4 م× 4.75 م بارتفاع 3 م يستخدم فيها تركيب إنارة فلورسنت مفرد 4 قدم (120سم) عدد/ 2 ؛ نوع التركيب إنتاج شركة Regiolux الألمانية رقم الصنع MSF 1/36 وقد وضع في التركيب مصباح فلورسنت من إنتاج شركة فيليبس الهولندية نوع

TL36Wsupper84 علماً ان هذا المصباح وحسب جداول شركة فيليبس يعطي دفقاً منيراً مقداره 3450 لومن . أما عوامل الإنعكاسات فهي 0.2/0.5/0.7 والغرفة نظيفة. إحسب أيضاً القدرة المصروفة للإنارة إذا كان معدل القدرة المتبددة في جهاز السيطرة Ballast هي 8.5 واط .

الحل:

بما أن عوامل الإنعكاسات هي:

السقف : 0.7 الجدران : 0.5 الأرضية : 0.2

بمراجعة دليل شركة Regiolux نجد أن عامل الإفادة للتركيب (MSF 1/36) المذكور هو 0.9 .

الآن نختار عامل الصيانة : بما أن الغرفة نظيفة فمن جدول عوامل الصيانة نختار الرقم 0.80 .

مساحة الغرفة (A) $A = 4x\ 4.75 = 19\ m^2$

الدفق المنير الكلي للغرفة $\Phi = 2\ x\ 3450 = 6900\ lumen$

عليه فان معدل شدة الإستنارة تكون :

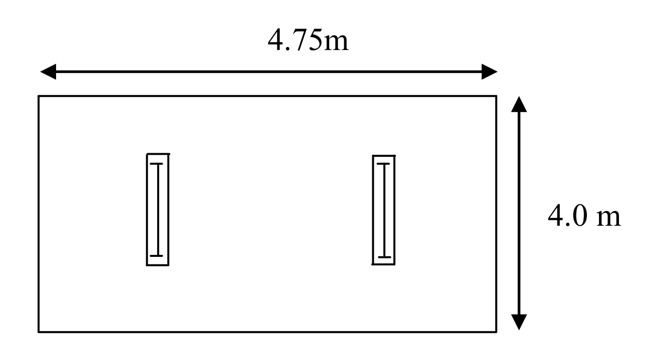
$$E_{av} = \frac{\varphi\ x\ \ UF\ \ x\ \ MF}{A} = \frac{6900x\ 0.9x\ 0.8}{19} = 261.4\ (lux)$$

قدرة التركيب الكهربائية = قدرة المصباح (36 واط) + القدرة المتبددة في معدات السيطرة (8.5 واط)

= 44.5 واط .

عليه تكون القدرة الكلية = 2 x 44.5 =89 واط .

ويبين الشكل (3- 18) توزيع المصابيح في الغرفة .



الشكل (3- 18) توزيع المصابيح في الغرفة للمثال 3 – 2 .

كما يبين تقرير الحسابات Calculation notes الآتي الذي يعد من قبل المصمم إسلوب تنظيم حسابات الإستنارة الخاصة بهذه الغرفة :-

معاملات الإنعكاس المستخدمة في المشروع :

دليل الغرفة **Room Index**	الإبعاد **Dimensions**	**Surface السطح**	معامل الإنعكاس **Reflectance**
Width العرض	4.0m	Ceiling السقف	0.7
Length الطول	4.75m	الجدار الأيسر Left wall	0.5
Height الإرتفاع	3.0m	الجدار الأيمن Right wall	0.5
		الجدار الأمامي Front wall	0.5
		الجدار الخلفي Back wall	0.5
		Floor الأرضية	0.2

تركيب الإنارة المستخدم في المشروع Project Luminaire

العلامة **Code**	الرمز **Symbol**	الكمية **Qty**	تركيب (وحدة) الإنارة **Luminaire**	نوع المصباح **Lamp Type**	القدرة (واط) **Power(W)**	الدفق (لوكس) **Flux(lux)**
LF01		2	REGIOLUX MSF 1/36	TL 36W supper PHILIPS	44.5 With control gears	2x3450

عامل الصيانة = 0.80

عامل الإفادة = 0.90

المساحة : $A = 4x4.75 = 19\ m^2$

معدل الشدة المنيرية : $E_{av} = 6900 \times 0.8 \times 0.9/19 = 261.4$ (Lux)

نوع التعليق : على السقف مباشرة

القدرة الكلية المطلوبة = 89 واط

مثال3-3 :

إحسب عدد تراكيب الإنارة اللازمة لصالة إجتماعات لمبنى حكومي ذات أبعاد ومواصفات كالأتي:

الطول : 11م ، العرض : 7م ، الارتفاع : 3.6م .

مواد البناء الداخلة في العمل :

السقف : سقف كاذب False ceiling من نوع الستايروبورد الابيض الثلجي معلق بأرتفاع 3 متر عن مستوى تبليط الارضية. الجدران : ألوان فاتحة ، الأرضية : كاشي (بلاط) موزائيك أسود وأبيض ، تصنيف الغرفة : متوسطة النظافة.

الحل :

1-نختار أولاً تركيب إنارة ملائماً بالتشاور مع المهندس المعماري وليكن تركيب إنارة فلورسنت مربع الشكل بابعاد (62 سم x 62 سم) لكي يتلائم مع السقف الكاذب ومن النوع المخفي (Recessed) . يحتوي على 4 مصابيح فلورسنت قدرة كل مصباح 18 واط وفيضه باللومن 1450.

2- من الجدول (3-5) نجد الإنعكاسات كالاتي : السقف :0.7 ، الجدران :0.5، الإرضية :0.2

3- نراجع أدلة (كتلوكات) الشركات لتراكيب الإنارة لدينا في المكتبة ونختار (مثلاً) من دليل شركة رجيولوكس Regiulux الألمانية تركيب الإنارة المربع الشكل المطلوب ، ونجد عامل الإفادة للتركيب للإنعكاسات أعلاه هو (0.65) .

4- من الجدول (3-6) نجد عامل الصيانة لغرفة متوسطة النظافة هو 0.7 .

5- من الجدول (3-4) نجد شدة الاستنارة المطلوبة لغرف الإجتماعات و المؤتمرات هي 600 لوكس .

6- نحسب الآن عدد التراكيب اللازم من المعادلة (3-7) .

$$N = \text{عدد التراكيب} = \frac{600 \times 11 \times 7}{4 \times 1450 \times 0.65 \times 0.7} = 17.5$$

إذن نختار 18 تركيب إنارة من النوع المذكور في أعلاه. ثم نعيد حساب شدة الإستنارة باللوكس لنعرف ما قيمته الجديدة بالضبط . فمن المعادلة (3-6) أيضا نجد أن.

$$E_{av} = \frac{N\ (\text{lumen})\ (\text{MF})\ (\text{UF})}{\text{A}} = \frac{18\ (4 \times 1450)\ (0.65)\ (0.7)}{(11)\ (7)} = 616.9 \text{ lux}$$

أما توزيع التراكيب فيتم بجعلها ثلاثة خطوط في كل خط ستة تراكيب. ولكون الغرفة كبيرة نسبياً يكون بعد الخط الأول عن الجدار $\frac{1}{3}$ إرتفاع التراكيب عن الارضية ، اذن بعد مركز الخط الاول عن الحائط الجانبي = $\frac{1}{3} \times 3 = 1$ متر ويتم توزيع تراكيب الإنارة كما مبين في الشكل (3-19) .

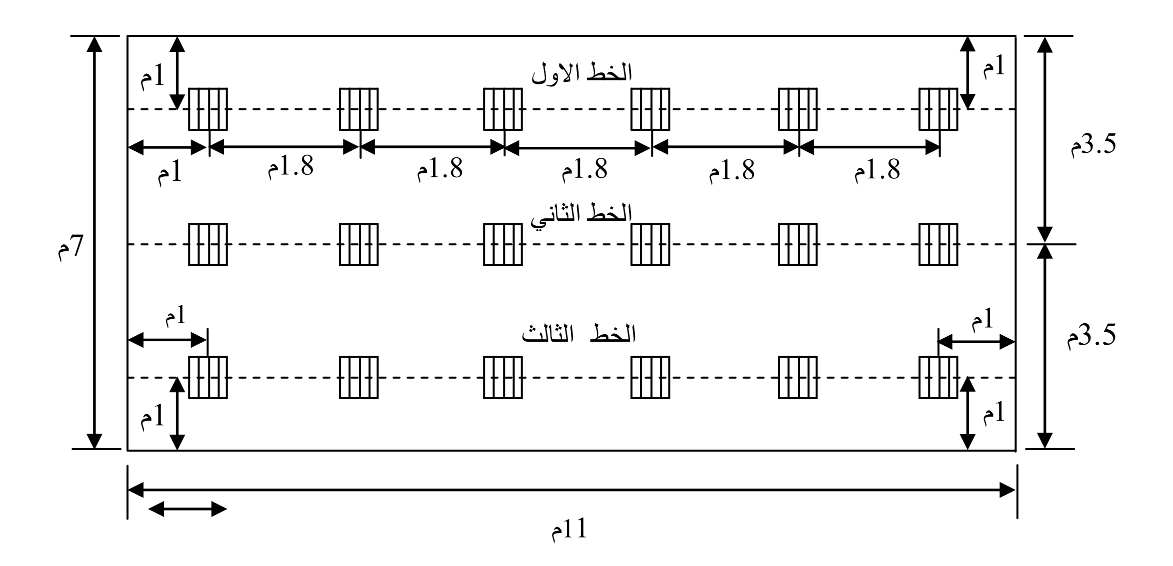
حساب القدرة المصروفة الكلية :

إذا علمت أن مفاقيد الموازن الواحد (ballast) هو 3.35 واط

فإن قدرة تركيب الإنارة الواحد بالواط

= عدد المصابيح × قدرة المصباح + عدد الموازنات (ballast) × 3.35 = 4 × 18 + 4 × 3.35 = 85.4 واط .

لذا فإن القدرة الكلية المصروفة لإنارة الغرفة = 18 × 85.4 = 1537.2 واط .



الشكل (3- 19) توزيع المصابيح في الصالة للمثال 2 - 4 .

مثال 3 -4 :

ممرLobby داخل أحد طوابق بناية طوله 14 متر وعرضه 2.5 متر وارتفاعه 2.5 متر . أعطيت عوامل الإنعكاسات له كالآتي : السقف :0.7 ، الجدران :0.5 ، الارضية : 0.2 . إحسب عدد التراكيب المطلوبة للإستنارة.

الحل:

في الممرات والمداخل من الممكن إستخدام تركيب إنارة فلورسنت مستطيل أو مربع الشكل . فإذا تم إختيار تركيب إنارة مستطيلا له المواصفات الواردة في المثال (3-3) السابق نفسها إلا أنه يحتوي على مصباحين فلورسنت قطر المصباح 26 ملمتر وطوله 1200 ملم (T8) من النوع التجاري المتوفر في الأسواق المحلية قدرة 36 واط ، فيضه المنير = 2500 لومن حسب ما مؤشر على غلافه ، ومفاقيد معدات السيطرة 9 واط .

1- من دليل الشركات نختار تركيباً له مواصفات التركيب المربع المذكور في المثال (3-3) نفسها إلاانه يكون مستطيل الشكل وبطول 1300ملمتر ويحتوي على مصباحين . لذا يحسب الفيض المنير كالآتي:

الفيض المنير للتركيب = عدد المصابيح × الفيض المنير للمصباح الواحد = 2× 2500 =5000 لومن.

2- عامل الإفادة للتركيب = 0.6 (من دليل الشركة الصانعة)

3- عامل الصيانة (إذا فرضنا أن الغرفة متوسطة النظافة) =0.7

4- من الجدول (3-4) نجد أن شدة الإستنارة المطلوبة للممرات (100-200) لوكس فنختار الرقم 200 .

5- عدد التراكيب المطلوبة باستخدام المعادلة (7-3) :

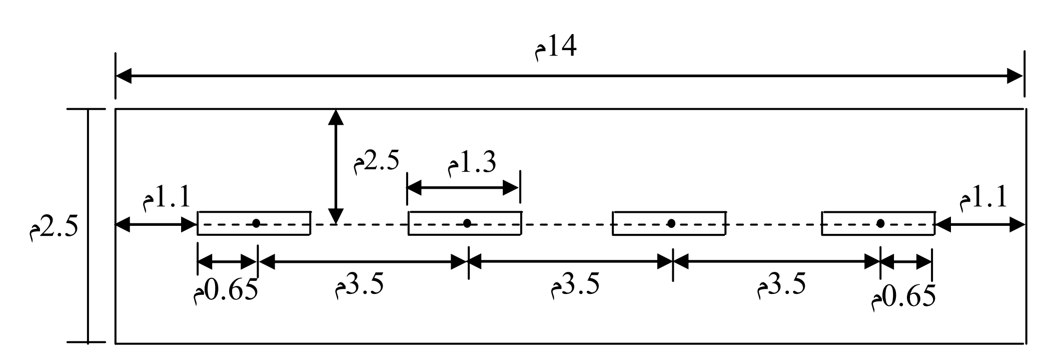
عدد التراكيب $N = \dfrac{200 \text{x} 14 \text{x} 2.5}{5000 \text{x} 0.60 \text{x} 0.7} = \dfrac{7000}{2100} = 3.33$

ونقرب هذا الرقم الى 4 تراكيب (لاحظ هنا أن عدد التراكيب يساوي عدد المصابيح لأن التركيب مفرد).

6- القدرة المصروفة للتركيب الواحد (المصابيح + الموازن) = 2× 45=90 واط

إذن القدرة الكلية المصروفة لإنارة الممر = 90 × 4 =360 ≈ 400 واط .

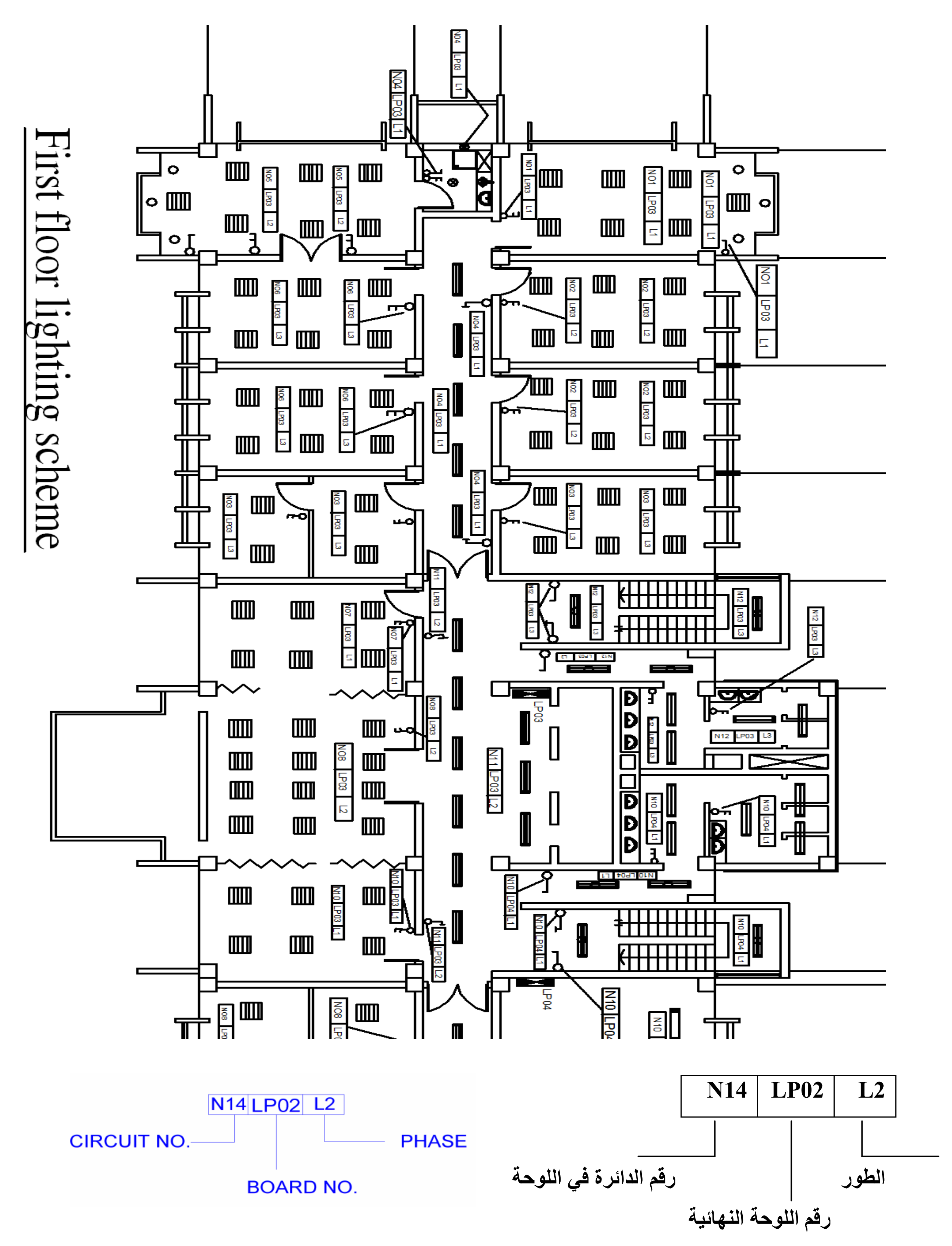
ويبن الشكل (3- 20) كيفية توزيع التراكيب في الممر في حالة أخذ التباعد بين تركيب وآخر يساوي 3.5 متر .



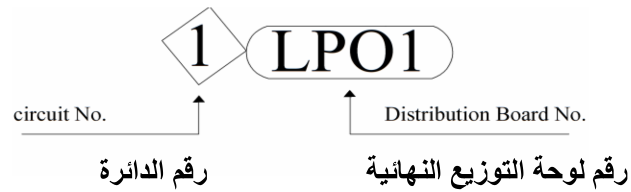
الشكل (3- 20) توزيع المصابيح في الممر .

3-4 توزيع نقاط الإنارة على الدوائر الكهربائية في المباني

إن عدد نقاط الإنارة التي تربط الى دائرة إنارة واحدة يعتمد على قدرة تراكيب الإنارة المستخدمة في المبنى . ولكن بصورة عامة تربط من 7 إلى 10 نقاط انارة قدرة كل نقطة 100 واط الى دائرة واحدة (طور واحد -230 فولت) محمية بقاطع MCB سعة 10 أمبير. ويمكن أن يصل هذا العدد إلى 15 نقطة لتراكيب حاوية على مصابيح فلورسنت قدرة 80 واط . على أية حال يتم توزيع نقاط الإنارة داخل الغرف في المبنى بموجب حسابات طريقة اللومن الوارد ذكرها سلفا ثم يتم بعد ذلك توزيعها على الدوائر الكهربائية ضمن لوحات التوزيع النهائية التي سيرد ذكرها في الفصل السابع. ويوضح الشكل (3-21) والشكل (3- 22) النموذج الأوربي والنموذج الدارج لتوزيع نقاط الإنارة داخل الأبنية على التوالي . كذلك يبين الشكلان (3- 23) و(3- 24) توزيع نقاط الإنارة حسب النظام البريطاني الدارج . وأيا كان من هذه الأنظمة في التصميم يمكن إعتمادها حسب إجتهاد المهندس المصمم ، والمهم هو إعطاء التصميم بأفضل وجه وبتفاصيل كثيرة وواضحة لتسهيل تنفيذه.



الشكل (3-21) توزيع نقاط الإنارة حسب الطريقة الفرنسية (الأوربية) لجزء من طابق في بناية . حيث تستخدم المربعات المتلاصقة للدلالة على رقم الطور ورقم اللوحة ورقم الدائرة.



الشكل (3- 22) توزيع نقاط الإنارة حسب الطريقة الدارجة تبين فيه إسلوب الربط فيما بينها وإتصالها بالمفاتيح وكذلك توزيعها على الدوائر، حيث يشير الرقم داخل المعين الى رقم الدائرة وتشير العبارة الموجودة داخل الشكل شبه البيضوي إلى لوحة التوزيع النهائية .

وتستخدم الرموز المدرجة في الجدول (3-8) للدلالة على تفاصيل وأسماء تراكيب الإنارة ورموز مآخذ القدرة ولوحات التوزيع وغيرها من المنظومات الكهربائية المستخدمة في البناية بموجب النظام الأوربي . أما الرموز المستخدمة في النظام البريطاني فتختلف عن النظام الأوربي وهي مبينة في الجدول (3 -9) .

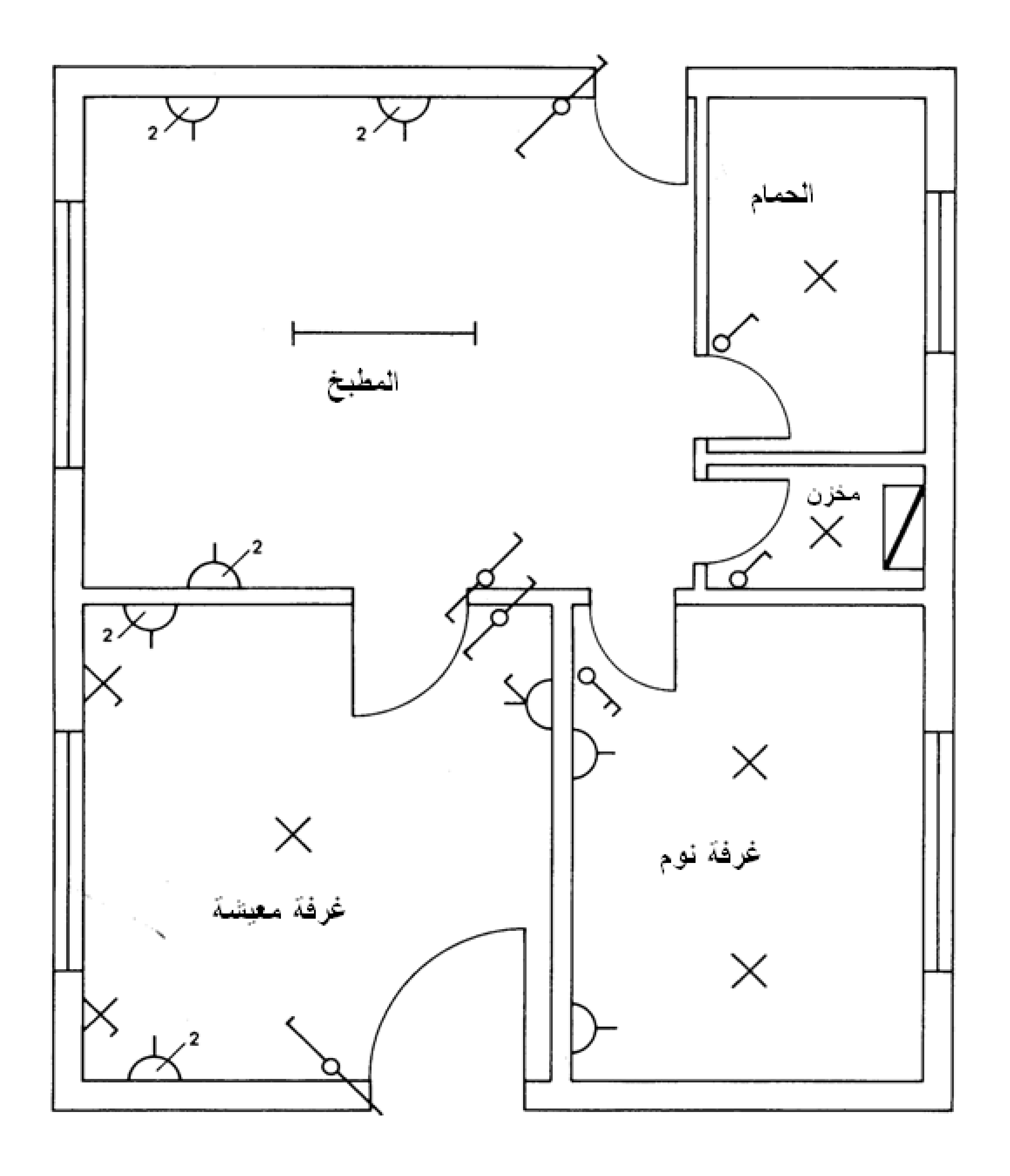
الجدول (3-8) الرموز والمصطلحات LEGEND حسب النظام الأوربي

ت	الرمز	التفاصيل	ت	الرمز	التفاصيل
1		تركيب إنارة نوع LF01	21		محطة تحكم مركزية للتنبيه للحريق
2		تركيب إنارة نوع LF02	22		منبه صوتي أولي
3		تركيب إنارة نوع LF03	23		كاشف دخان
4		تركيب إنارة نوع LF04	24		كاشف حرارة
5		تركيب إنارة نوع LF05	25		لوحة توزيع
6		تركيب إنارة نوع LF06	26		نقطة تنبيه حريق بكسر الزجاجة
7		تركيب إنارة نوع LF07	27		جرس تنبيه
8		تركيب إنارة نوع LF08	28		لوحة توزيع لمنظومة التنبيه للحريق
9		تركيب إنارة نوع LF09	29		ملأخذ 13 أمبير مفرد
10		تركيب إنارة نوع LF10	30		مأخذ 13 أمبير مزدوج
11		تركيب إنارة نوع LF11	31		مأخذ 15 أمبير
12		تركيب إنارة نوع LF12	32		مروحة سقفية
13		تركيب إنارة نوع LF13	33		مأخذ صندوقي 13 أمبير طور واحد
14		مفتاح 10 أمبير طريق واحد	34		مأخذ صندوقي صناعي 16 أمبير طور واحد
15		مفتاح مزدوج 10 أمبير طريق واحد	35		مأخذ صندوقي 32 أمبير3 أطوار صناعي
16		مفتاح مزدوج 10 أمبير طريقان	36		منبه صوتي ألكتروني
17		مخفت ضوء	37		ساحبة (مخلبة) هواء
18		مفتاح للأغراض الصناعية			
19		مفتاح ثلاثي طريق واحد 10 أمبير			
20		مفتاح رباعي طريق واحد 10 أمبير			

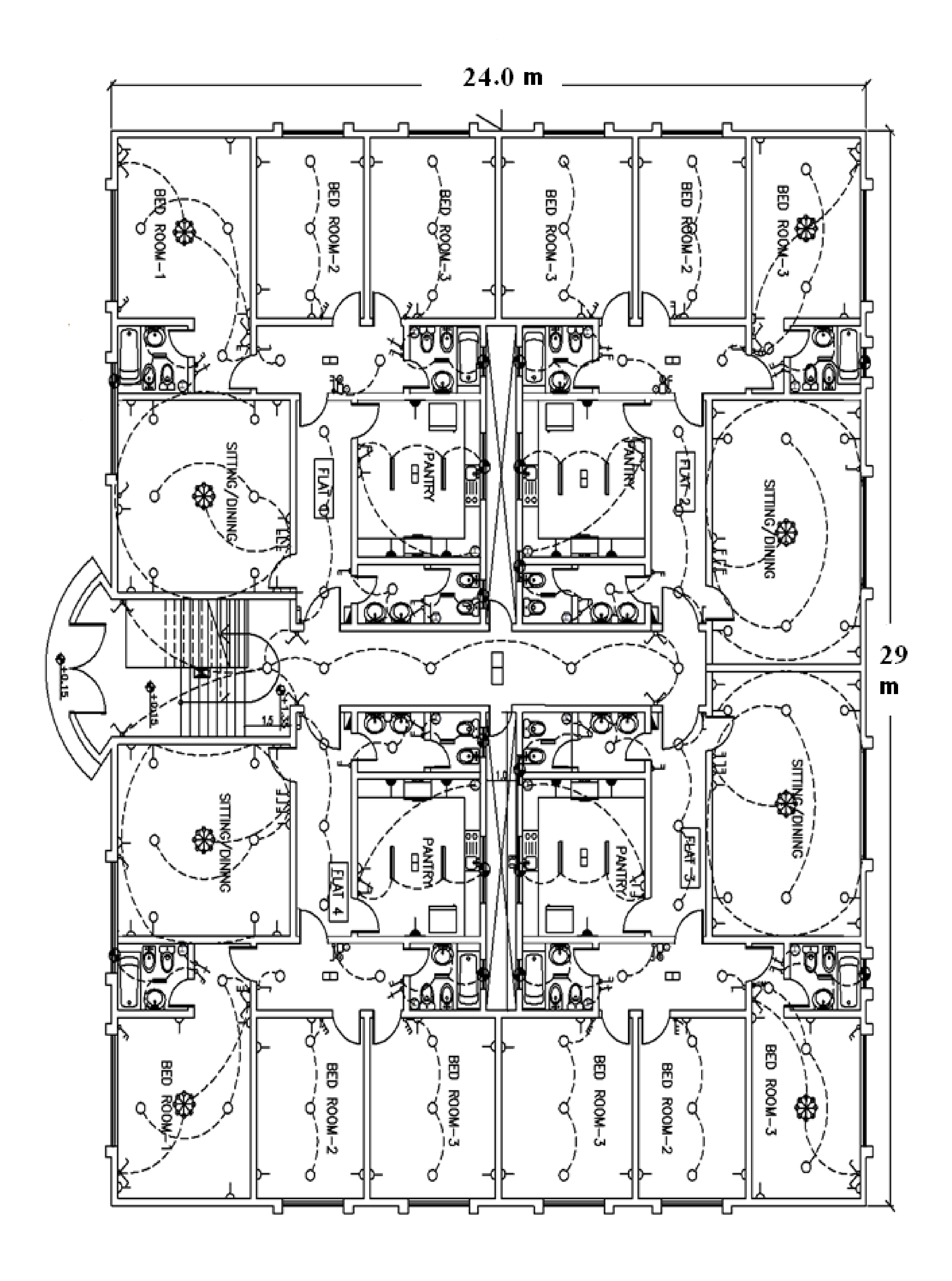
الجدول (3-9) الرموز والمصطلحات LEGEND حسب النظام البريطاني.

- مفتاح طريق واحد قطب واحد
- مفتاح طريق واحد ذو قطبين
- مفتاح طريق واحد بثلاثة أقطاب
- مفتاح طريق واحد ذو قطب واحد يعمل بواسطة حبل متدلي
- مفتاح ذو طريقين
- مفتاح وسطي
- نقطة إنارة أو مصباح رمز عام
- ملاحظة: عددمصادر الضوء وقدرتها ونوعها يجب أن يذكر مثال: ثلاثة مصابيح قدرة 40 واط — 3 x 40 W
- مصباح أو نقطة إنارة جدارية
- نقطة إنارة أمان-إضطرارية
- نقطة إنارة ذات مفتاح ضمني
- مصباح أو بروجكتور مع عاكس ضوء
- مصدر ضوء نقطي
- مصباح فلورسنت مفرد

- نقطة مأخذ رئيسية أو لوحة سيطرة
- مفتاح رئيسي أو ثانوي
- مأخذ(مقبس)رئيسي رمز عام
- مأخذ مع مفتاح
- مأخذ يحتوي على مصباح إشارة
- مأخذ بعدة مخارج مثال: 3مخارج — 3
- زر كبس
- زر كبس منير
- جرس كهربائي: رمز عام
- منبه صوتي كهربائي
- مفتاح توقيت
- كاشف حريق أوتوماتيكي-تلقائي



الشكل (3- 23) توزيع نقاط الإنارة حسب النظام البريطاني الدارج يبين فيه توزيع نقاط الإنارة والمفاتيح وكذلك توزيع نقاط القدرة الصغيرة (المآخذ) .

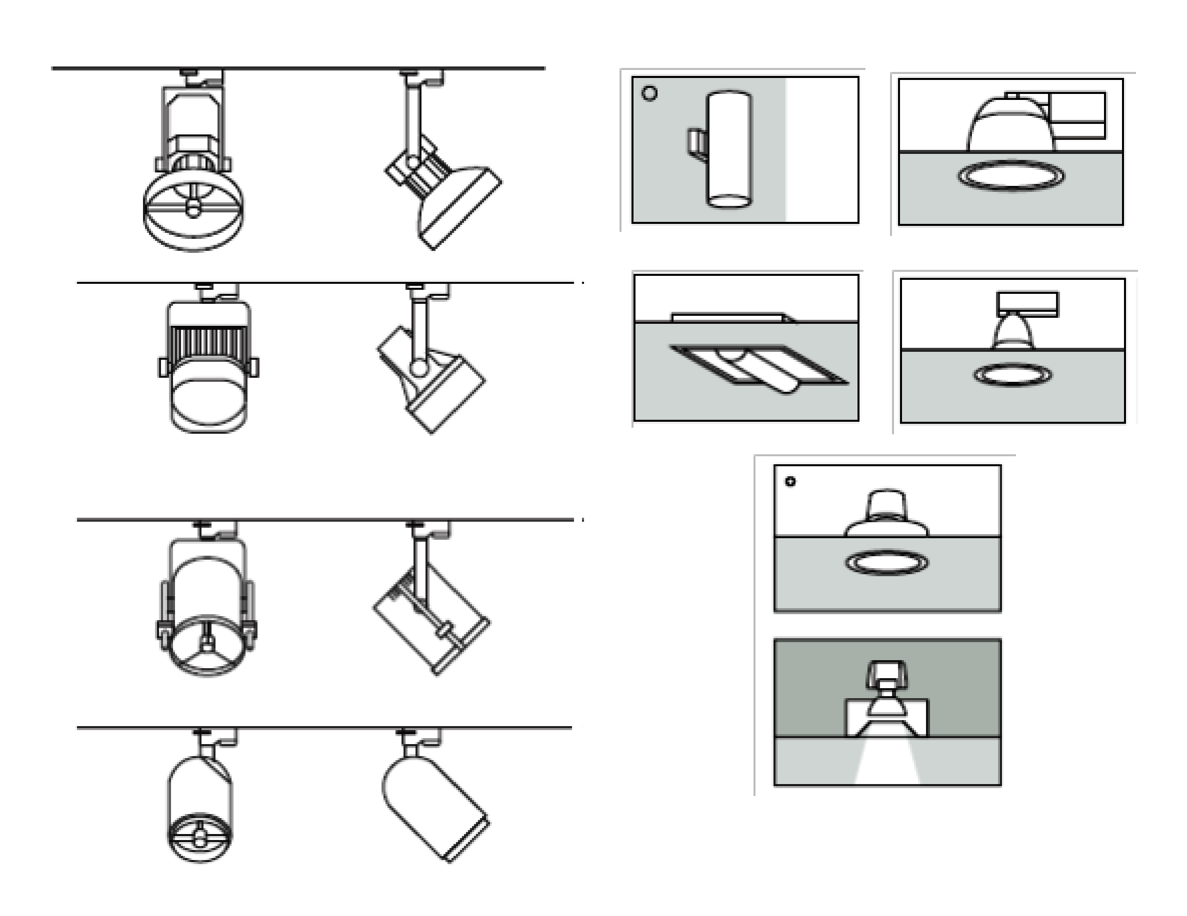


الشكل (3- 24) توزيع نقاط الإنارة حسب الطريقة الدارجة تبين فيه أسلوب الربط فيما بينها وإتصالها بالمفاتيح وكذلك توزيع نقاط القدرة الصغيرة لطابق واحد من بناية يحتوي على 4 شقق.

5-3 الإنارة الجمالية Decorative Lighting

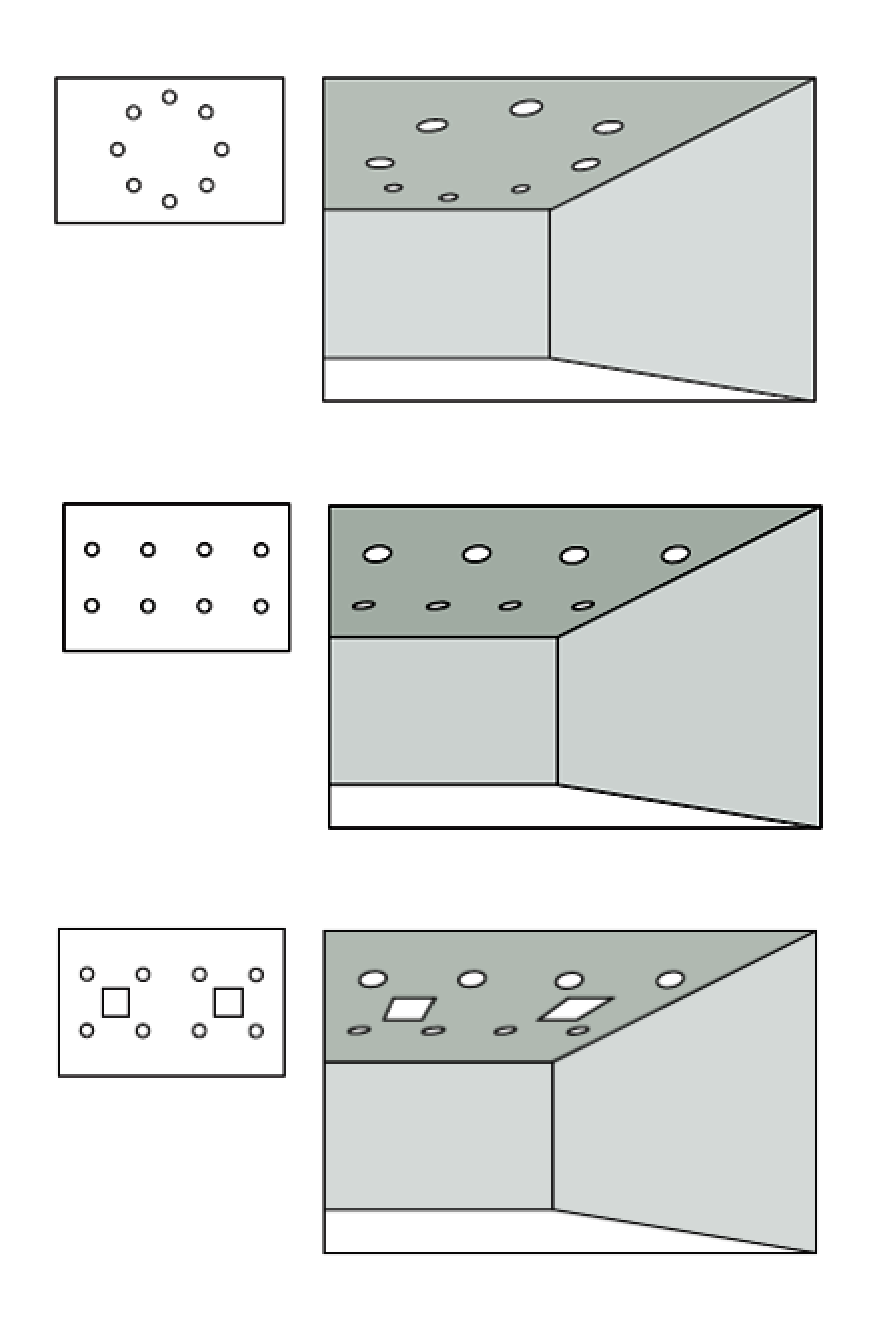
تعد الإنارة الجمالية جزءاً من الإنـارة الداخليـة لأيـة بنايـة ، إضـافة إلـى أنها ممكن أن تكون جزءاً من الإنـارة الخارجيـة ، حيـث أن إسـتخدامها يقتصـر علـى الأمـاكن التـي تتطلـب ذلـك كصـالات الإسـتقبال ومداخل الأبنية وقاعات الإجتماعات وصـالات المطـاعم و المكتبـات أو إستخدامها خـارج البنايـة لإبـراز شكلها المعماري .

وتستخدم في الإنارة الجمالية تراكيب إنارة أو (براكيتات) تتناسق مع الشكل المعماري والديكور للمبنى داخليـاً وخارجيـاً ، ويكـون إختيارهـا مشـتركاً بـين صـاحب المشـروع والمهنـدس الكهربـائي والمهنـدس المعمـاري ، وتكـون هـذه التراكيـب علـى شـكل ثريـات أو تراكيـب فلورسـنت أو بروجكترات موضـوعة ضمن الأماكن المختارة الديكورية الظاهرة للمبنى وقد تكون مخفية في الجدران أو سقوف المبنى نفسه ، ويبين الشكل (3- 25) نماذج من تراكيب الإنارة الجمالية .



الشكل (3- 25) نماذج من تراكيب الإنارة الجمالية المخفية والظاهرة .

أما توزيع تراكيب الإنارة الجمالية فلا يعتمد على قاعدة معينة وانما يتم توزيعها في الغرف أو الصالات بما يعطي أجمل توزيع للناظر وشدة الإستنارة غير مهمة تقريبا. ويبين الشكل (3- 26) نماذج من توزيع نقاط الإنارة الجمالية. على أية حال فإن الخبرة العملية في توزيع الإنارة النقطوية Spot lights تقضي بأن يكون التباعد بينها لا يقل عن 0.5 متر إذا كانت قدرة المصباح لاتزيد عن 100 W ، وخلافه تكون المسافة 0.8 متر .



الشكل (3- 26) نماذج من توزيع نقاط الإنارة الجمالية.

3- 6 إنارة الطوارئ Emergency Lighting

تستعمل هذه الإنارة في الإبنية المهمة والورش الخاصة وبعض المختبرات والتي يتطلب العمل وجود إنارة دائمية فيها ولو جزئية حيث غالبا ما يتم وضع 25% -30% من الإنارة الكلية لمثل هذه الإبنية كإنارة طوارئ يتم تغذيتها إما بواسطة مولدات كهربائية منفصلة لكل بناية أو عن طريق مولدات مركزية لمجموعة أبنية أو من خلال اجهزة القدرة اللامنقطعة UPS المستخدمة في المستشفيات وغيرها من الأحمال الحرجة المهمة Critical Load .

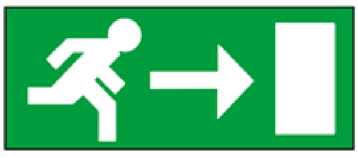
و قد تكون إنارة الطوارئ من النوع ذو الإشغال الذاتي حيث يستخدم في هذه الإنارة تراكيب تربط عادة مع نقاط الإنارة الأخرى وتحتوي على بطاريات تشحن ذاتيا عن طريق التغذية الإعتيادية ويوجد بداخلها مغير (عاكس) Inverter يقوم بتحويل فولتية البطارية المستمرة DC الى فولتية متناوبة AC بتردد 50 هرتز لتشغيل مصباح تركيب الإنارة. وتستخدم في هذه التراكيب بطاريات جافة ذات عمر طويل من نوع نيكل - كادميوم قابلة للشحن، صغيرة الحجم لها القابلية على تشغيل مصباح التركيب لمدة قد تصل إلى ثلاث ساعات. وتعيد البطاريات شحن نفسها في وقت قصير جداً عندما يعود المصدر الكهربائي الرئيسي بعد انقطاعه في حالات حدوث الأعطال. هذا النوع من التراكيب يتم وضعه في قاعات الورش الكبيرة والمخازن والأسواق الكبيرة والمسارح والسينمات وأماكن التجمع الداخلية والممرات ومخارج البناية لإنارتها عند انقطاع التيار العام وتكون شدة الإستنارة الصادرة من هذه التراكيب لا تقل عن لوكس واحد في أبعد نقطة منها ويكون قسما منها مخصص لإنارة الأمان.

7-3 إنارةالأمان Safety Lighting

إنارة الأمان هي نوع من أنواع إنارة الطوارئ يوضع عليها علامات الأمان Safety signs مثل العلامات والأسهم التي تشير إلى مخارج البناية وقسم منها مكتوب عليها كلمة خروج باللغة العربية أو **(Exit)** باللغة الإنجليزية .... الخ ،تكون داخلها مصابيح وبطاريات تشحن ذاتيا ،ويكون لونها ابيض وأخضروشدة الإستنارة فيها لا تقل عن 2 شمعة لكل متر مربع $(2cd / m^2)$. وعلامات الأمان المعتمدة دوليا هي كالآتي:

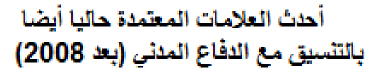


العلامة المعتمدة لغاية سنة 1998



العلامة المعتمدة حاليا بعد سنة 1998





أحدث العلامات المعتمدة حاليا أيضا بالتنسيق مع الدفاع المدني (بعد 2008)

أين نضع تراكيب إنارة الطوارئ ؟

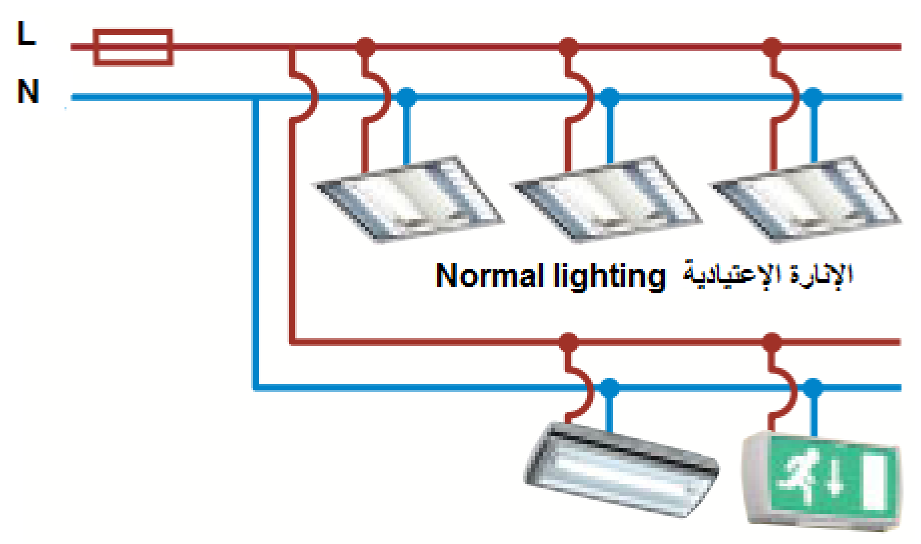
تقضي الأنظمة الدولية بوجوب وضع تراكيب إنارة الطوارئ Emergency luminaire عند كل باب خروج من داخلها وخارجها وقرب جميع علامات الأمان وعند الأدرج والسلالم ومعدات مكافحة الحريق وقرب عدة الإسعافات الأولية وكذلك الممرات وتقاطعها وعند منطقة المصاعد وغرفة المحولات والمولد الإضطراري في البنايات الكبيرة، ويبين الشكل (3 – 27) قسم من هذه الأماكن.



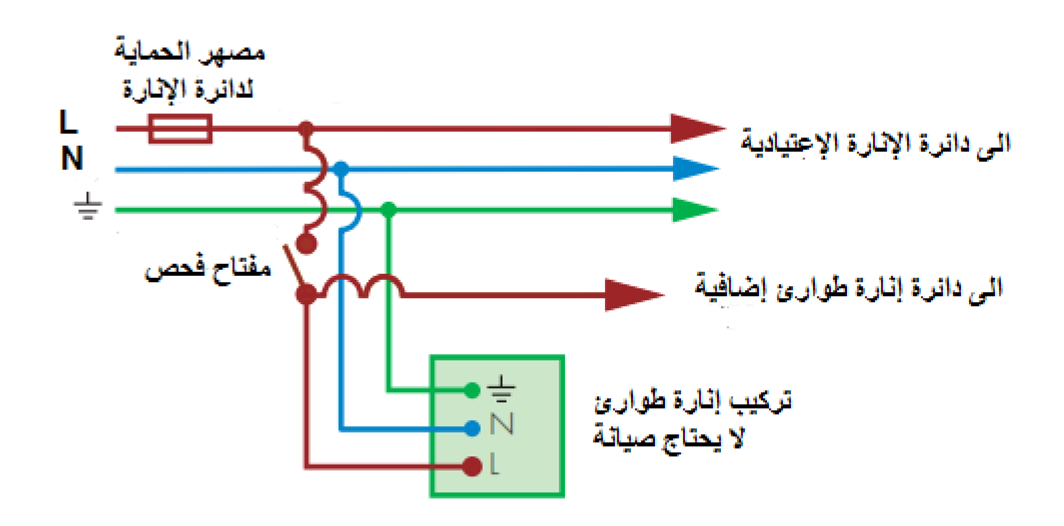
(3 – 27) الأماكن التي يتوجب وضع إنارة الطوارئ فيها.

طريقة ربط دائرة إنارة الطوارئ :

تربط دائرة إنارة الطوارئ مباشرة مع دائرة الإنارة الإعتيادية لكنها لا تربط على مفتاح التحكم للإنارة الإعتيادية نفسها ، أي أنها تربط مباشرة على الدائرة المغذية لكليهما كما موضح في الشكل (3 – 28). وتستخدم أسلاك الـ PVC نفسها المستخدمة في تسليك دوائر الإنارة الإعتيادية في تسليك دوائر إنارة الطوارئ . وتشترط بعض الأنظمة الدولية وجوب وضع مفتاح فحص خاص بدوائر إنارة الطوارئ وتربط دوائر الإنارة الإعتيادية والطوارئ في هذه الحالة كما هو موضح في الشكل (3- 29) .



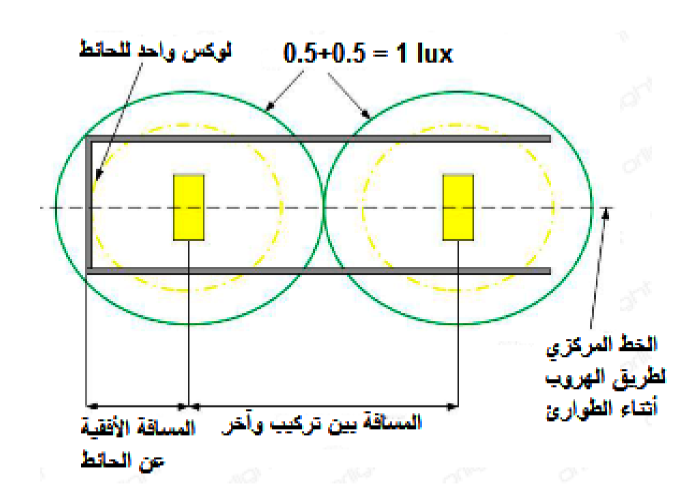
الشكل (3 – 28) طريقة ربط دوائر إنارة الطوارئ .



الشكل (3- 29) ربط دوائر إنارة الطوارئ بمفتاح فحص خاص .

التباعد بين تراكيب إنارة الطوارئ وشدة الإستنارة المطلوبة

يبين الشكل (3 – 30) مخطط لكيفية نصب تراكيب إنارة الأمان أو الطوارئ في الممرات ومسارب الهروب وشدة الإستنارة باللوكس المطلوبة ،علما أن أقل شدة استنارة مطلوبة في أبعد نقطة عن التركيب يجب أن لا تقل عن لوكس واحد.

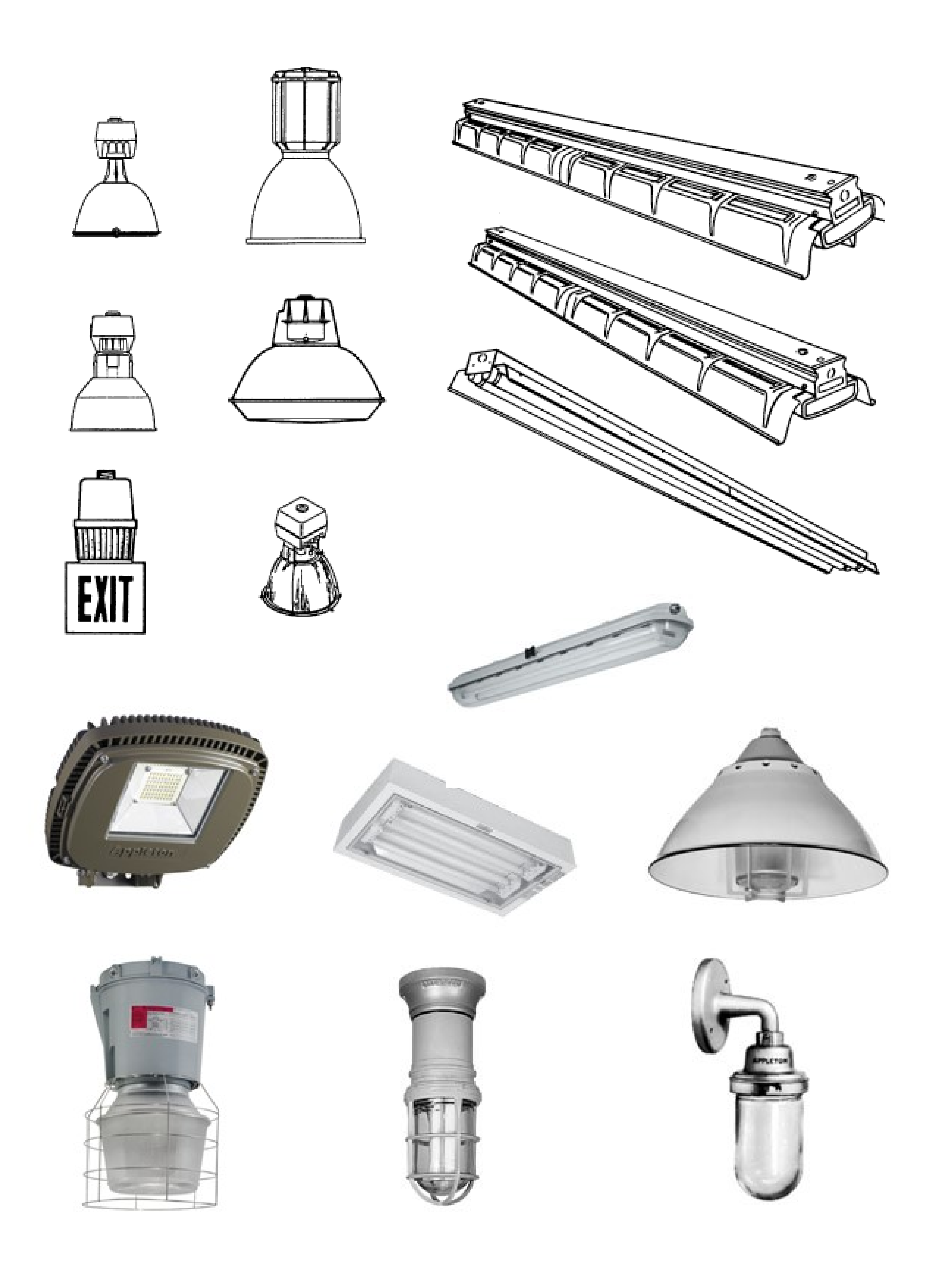


الشكل (3 – 30) التباعد بين تراكيب إنارة الطوارئ في ممرات الأبنية.

8-3 الإنارة الصناعية Industrial Lighting

تختلف إنارة المنشآت الصناعية عن الأبنية السكنية والتجارية وكذلك المكتبية بأنواع تراكيب الإنارة المستخدمة . ولما كان استخدام المصابيح الفلورية هو الأكثر استخداما في الوقت الحاضر فإن الأبنية والمنشآت ذات الإرتفاع العالي تستخدم فيها المصابيح الزئبقية والمصابيح الهاليدية . ويوضح الشكل (3- 31) أنواعاً من تراكيب الإنارة المستخدمة في المنشآت الصناعية . ومما تجدر الإشارة اليه هنا أن اختيار أنواع التراكيب الإنارية يعتمد على طبيعة المنشأة الصناعية ونوع العمل الذي يتم فيها ، حيث يجب الإنتباه الى درجة الوقاية لكل تركيب يوضع في مكان معين ليلائم طبيعة المنتج أو العمل . فمثلا إذا كان المنتج قابل للإشتعال أو الإنفجار ، يجب وضع تراكيب ذات درجة وقاية عالية (IP64) من نوع ضد الإنفجار Explosive proof ، وإذا كان مكان العمل شديد الرطوبة أو يتعرض الى رشات ماء وجب استخدام تراكيب ضد الماء Water proof بدرجة (IP45) ، وإذا كان المكان معرض للأتربة والغبار وجب استخدام تراكيب من نوع مقاومة للأتربة Dust proof .

أما بالنسبة لحسابات شدة الإستنارة فتستخدم الطرق نفسها المستخدمة في الأبنية الإعتيادية بأخذ خصائص ومميزات تراكيب الإنارة الصناعية وعوامل الإفادة وصيانتها بعين الإعتبار.



الشكل (3- 31) تراكيب إنارة صناعية تستخدم مصابيح فلورسنت وأخرى تستخدم مصابيح تفريغ غازي (HID) ومصابيح توهجية .

تصاميم إنارة المنشآت الصناعية

لاتختلف نظريات وحسابات تصاميم إنارة المنشآت الصناعية عن غيرها من الأبنية الإعتيادية كثيرا والفرق هو أن تركيب الإنارة الصناعي يكون حجمه كبير ووزنه ثقيل نسبيا . أما المعادلات التي تستخدم لحساب عدد التراكيب فهي نفسها التي أعطيت في تصاميم الإنارة الداخلية للأبنية .وكذلك حساب القدرة الكلية للتراكيب ، ويوضح المثال التالي كيفية إجراء حسابات التصميم لإنارة منشآة صناعية كبيرة .

مثال 3 – 5 :

مصنع تابع لشركة انتاج عصائر ومشروبات غازية بطول 168 متر وعرض 23 متر وارتفاع 16 متر. جدرانه الجانبية مبنية من البلوك الكونكريتي الملبوخ (المقصور) بالأسمنت ومصبوغ باللون الأبيض المائل للصفرة . معاملات الإنعكاس هي : السقف (0.5) ، الجدران (0.3) ، الأرضية (0.2) . تم الإتفاق مع صاحب المصنع على استخدام مصباح هاليدي 400 واط لإنارة المصنع من نوع MAZDA BERCY 400 AL R2+GLACE ، إنتاج شركة MAZDA . إحسب عدد تراكيب الإنارة المطلوب لإنارة المصنع وكذلك القدرة المستهلكة للإنارة إذا علمت أن قدرة التركيب الواحد (مصباح + معدات السيطرة) هي 425 واط .

الحل: أبعاد المصنع :

الطول (a) = 168 متر

العرض (b) = 23 متر

الإرتفاع (h) = 16 متر

معاملات الإنعكاس :

السقف = 0.5 ، الجدران = 0.3 ، الأرضية = 0.2

إرتفاع منضدة العمل =0 (صفر)

لذا يكون الإرتفاع المفيد $h_k = 16 - 0 = 16\ m$

دليل الغرفة

$$\text{Room index} = \frac{a.b}{h_k(a+b)} = \frac{23\times168}{16(168+23)} = \frac{3864}{3065} = 1.26$$

عامل الصيانة Maintenance factor = 0.85

عامل الإنتفاع From table (2) U.F =0.63

وبفرض أن شدة الإستنارة E_{av} المطلوبة عند مستوى منضدة العمل = 200 لوكس ، يكون عدد تراكيب الإنارة المطلوب لتحقيق هذه الشدة ، على إفتراض أن دفق المصباح الهاليدي الواحد هو 30000 لومن (من دليل الشركة الصانعة) :

$$N = \frac{lux\ \ required \times Area}{Lamp\ lumen \times UF \times MF} = \frac{200 \times (168 \times 23)}{30000 \times 0.63 \times 0.85} = \frac{38.64}{0.85 \times 0.63} = 48$$

عليه يتطلب إستخدام 48 تركيب إنارة هاليدي في المصنع .

أما القدرة المستهلكة للإنارة فتحسب كالآتي:

قدرة التركيب الواحد : Power (W) / lamp 425

القدرة المستهلكة الكلية : Total installed power: 48x0.425 = 20.4 kW

ويبين الشكل (3-32) في أدناه توزيع تراكيب (وحدات) الإنارة على سقف المصنع .



الشكل (3-32) توزيع تراكيب (وحدات) الإنارة على سقف المصنع .

الفصل الرابع

الإنارة الخارجية و إنارة الشوارع Exterior and Street Lighting

1-4 مقدمة

تشمل الإنارة الخارجية بصورة عامة مايلي :

1- إنارة الأبنية

2- إنارة الممرات

3- إنارة الحدائق

4- إنارة النصب التذكارية والتماثيل

5- إنارة الساحات العامة ومواقف السيارات

6- إنارة الشوارع

2-4- إنارة الأبنية

تتم إنارة بعض الأبنية من الخارج لأسباب عديدة منها إظهار النواحي الجمالية لجلب النظر إلى شكلها المعماري مثلا أو لتمييزها عن الأبنية المجاورة ، لذا فان التصميم يتطلب إختيار المواقع الملائمة لتراكيب الإنارة لإبراز البناية أو جانب معين منها حيث يجب أن تتناسق هذه التراكيب مع هيكل وشكل البناية المعماري كذلك يؤخذ بعين الإعتبار لون الضوء المنبعث من تراكيب الإنارة ، وغالبا ما تستخدم تراكيب إنارة من نوع كشاف الإنارة الغامرة Flood Light projector لإنارة الأبنية من الخارج .

إن موقع البناية له أهمية كبيرة في تصميم إنارتها من الخارج حيث أن الإضاءة المنبعثة من المنطقة أو الأبنية القريبة من البناية لها تاثير كبير في إختيار التصميم وهذا ما يسمى بالجوار والخلفيات Surroundings and background و إذا كانت المنطقة المحيطة مظلمة فلا تحتاج البناية إلى إنارة عالية (شديدة) لتمييزها ، أما إذا كانت المنطقة المحيطة ذات إنارة جيدة فانه يحتاج إلى إنارة شديدة نسبياً لتمييز البناية ، أو أختيار لون الإضاءة المنبعثة من تراكيب الإنارة بحيث تختلف عن إضاءة المنطقة المحيطة لغرض تمييزها.

وتتلخص طريقة حساب شدة الإنارة لواجهات الأبنية بتعيين أبعادها وخاصة إرتفاعها أولا ثم اختيار نوع تراكيب الإنارة . وتعتمد أيضا على طريقة وضع التراكيب باتجاه البناية فأذا اخذنا مثلاً بناية كتلك الموضحة واجهتها في الشكل (4-1) حيث تحسب الشدة المنيرية (I) بالكانديلا كما يأتي :

بالنسبة للشكل[4-1- (أ)]:

$$I = Ed^2 \qquad (4\text{-}1)$$

بالنسبة للشكل [4-1- (ب)]:

$$\mathrm{I} = \frac{Eh^2}{\sin^2\alpha\cos\alpha} \qquad (4\text{-}2)$$

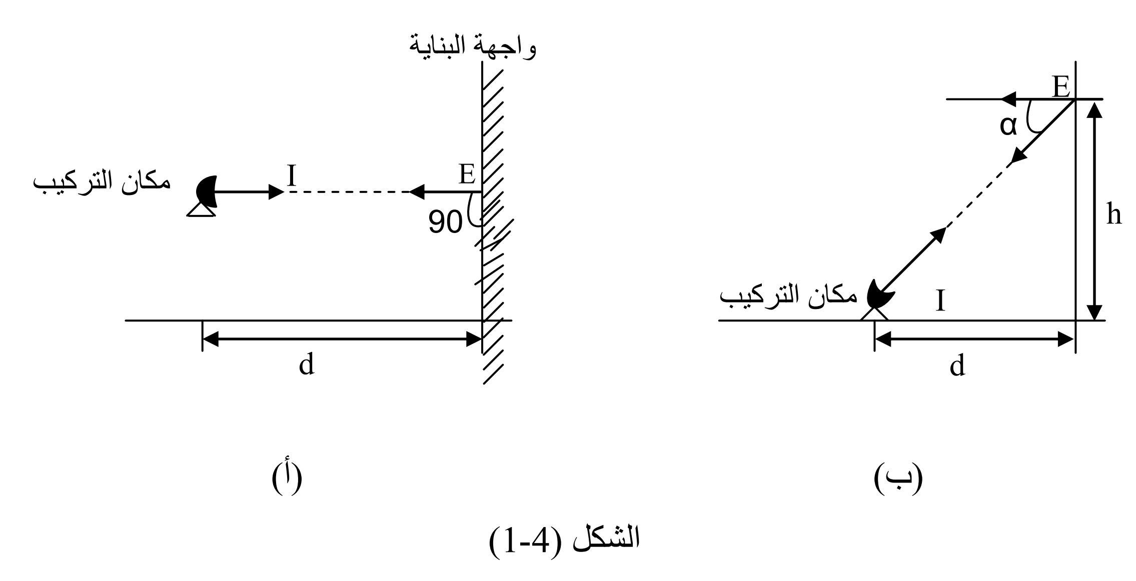
حيث أن:

E: الإستنارة العمودية على الواجهة مقدرة باللوكس.

h: الإرتفاع بالمتر عن مستوى مكان تركيب الإنارة الذي وضع فيه. وهذا الإرتفاع يمثل مركز الحزمة الضوئية Light beam الساقطة على واجهة البناية .

d: المسافة الافقية من مكان التركيب إلى واجهة البناية.

α: الزاوية التي يسقط فيها الشعاع الضوئي على الواجهة.



(أ) (ب)

الشكل (4-1)

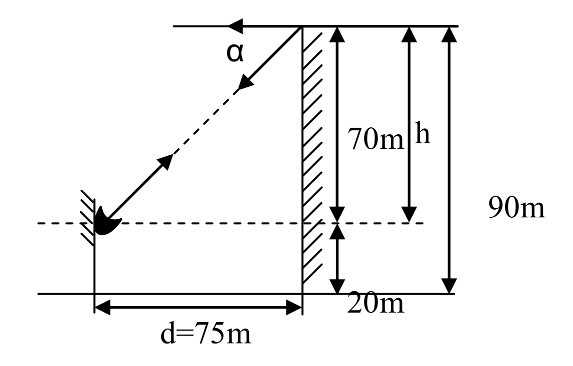
مثال :- بناية ارتفاعها 90 متراً تضاء بواسطة كشاف إنارة غامرة Flood light موضوع على ارتفاع 20 متراً من بناية مجاورة تبعد مسافة 75 متراً من البناية المراد إضاءتها ، جد قيمة الشدة المنيرية المنبعثة من كشاف (تركيب) الإنارة الذي يضيئها علما بان شدة الإستنارة المطلوبة للبناية هي 50 لوكس .

الحل :

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{90-20}{75} = 43^0$$

$$\sin 43^o = 0.681\ ,\ \sin^2\alpha = 0.465 \text{ and } \cos 43^o = 0.731$$

١



وباستخدام المعادلة (2-4) نجد أن الشدة المنيرية مقاسة بالكانديلا :

$$I = \frac{50x70^2}{0.465\ x\ 0.731} = 720000\ \ cd$$

لذا يجب أن يتم اختيار تركيب ذي شدة منيرية بقيمة (720000) كانديلا.
ويبين الجدول (4-1) شدة الإستنارة المعتمدة (باللوكس) لأنواع من واجهات الأبنية مقدرة على أساس أن التركيب يبعث ضوءاً أبيضاً . أما بالنسبة للألوان الاخرى مثلا اللون الأصفر المنبعث من مصابيح الصوديوم وكانت واجهة البناية صفراء أيضاً فيجب أخذ من نصف إلى ثلاثة أرباع (50% - 75%) القيم المذكورة في هذا الجدول .

الجدول (4-1) شدة الإستنارة المطلوبة لواجهات الأبنية

المادة	الحالة	معدل الشدة المنيريةالمطلوبة (لوكس)
الطابوق(الطوب) الابيض	نظيفة متوسطة النظافة مترية	25 35 75
حجر بورتلاند	نظيف متوسط النظافة مترب	35 55 110
كونكريت	نظيف متوسط النظافة مترب	50 75 150
حجر متوسط	نظيف متوسط النظافة مترب	55 90 180
حجر غامق	نظيف متوسط النظافة مترب	60 90 180
طابوق اصفر	نظيف متوسط النظافة مترب	75 110 220
طابوق احمر	نظيف متوسط النظافة مترب	90 140 280

4-3- إنارة الممرات

وتشمل إنارة المماشي المحيطة بالأبنية المماشي المؤدية إليها وتكون إنارة هذه المماشي بشدة ضوء لاتقل عن 30 لوكس بصورة عامة . وتستخدم تراكيب إنارة جمالية في المماشي وتكون هذه التراكيب مثبتة على جهتي المماشي بواسطة أعمدة ذات إرتفاعات مناسبة أو تكون على شكل تراكيب ديكوريه مثبتة على الأرض مباشرة وقد تكون مثبتة على جدران الأبنية بالنسبة للماشي المحيطة , ويجب أن تكون تراكيب إنارة المماشي من النوع المقاوم لدخول الماء والأتربة والرطوبة إليها ، وتكون السيطرة أو التحكم في إنارة المماشي إما من داخل البناية أو بواسطة الخلايا الضوئية Photocells .

4-4- إنارة الحدائق

وتتضمن إنارة ساحات الحدائق والأشجار والزهور أو النافورات الموجودة في هذه الحدائق وتعتمد إنارة الحدائق على عدة عوامل تؤخذ بنظر الإعتبار :-

أ- موقع الحديقة واستخداماتها وطابعها المعماري.

ب - ماهو الشيء المراد إبرازه في الحديقة.

ج - الألوان المحيطة أو ألوان الأشجار و الزهور المراد إضاءتها.

د- ماهي الألوان المناسبة التي يفضل إستخدامها لإضاءة المكان.

هـ - كميه الإضاءة المطلوبة في كل مكان مثل إضاءة الأشجار أو إضاءة المماشي.

و- نوع التراكيب الملائمة لإستخدامها في المكان مع الأخذ بعين الإعتبار الظروف التي تتعرض فيها التراكيب للمياه أو الرطوبة أو درجات الحرارة العالية أو الصدمات ....الخ.

ز- فترة اشتغال التراكيب إذا كانت دائمية أو وقتية.

ح- نوع وسيلة السيطرة (التحكم) المطلوبة لتشغيل تراكيب الإنارة.

ط - إرتفاعات الأبنية المجاورة.

4-5- إنارة الساحات العامة ومواقف السيارات

تعتمد تصاميم إنارة الساحات على عدة عوامل أهمها طبيعة إستخدام هذه الساحات حيث أن لكل إستخدام شدة استنارته المناسبة , فمثلا ساحات الرياضة تختلف شدة إستنارة كل ساحة حسب الرياضة التي تمارس بها كما تختلف الشدة المنيرية للساحة نفسها من حيث كونها للإستخدامات التدريبية (التمارين) أو لإستخدامها لإغراض المسابقات الرسمية .

أما إنارة ساحات وقوف السيارات فيتم إضاءتها بشدة إستنارة تتراوح بين (30-50) لوكس تقريبا ويتم حساب شدة الإستنارة لساحات وقوف السيارات بالطريقة الإعتيادية لحساب شدة إستنارة أية مساحة

ويتم إستخدام البروجكتارت أو تركيب إنارة الشوارع بالنسبة للساحات المكشوفة . أما ساحات وقوف السيارات المسقفة فتتم إضاءتها بصورة عامة بواسطة تراكيب إنارة من نوع فلورسنت وخاصة إذا كان السقف لايتجاوز إرتفاعه عن 6 متر. أما إذا كان إرتفاع السقف أكثر من 6 متر فتستخدم تراكيب الإنارة الحاوية على المصابيح الزئبقية من النوع الصناعي Indusrial type.

6-4 إنارة النصب التذكارية

يتضمن هذا النوع من الإنارة إنارة النصب التذكارية كالتماثيل أو الجداريات وتكون التصاميم الخاصة بهذه الإنارة معتمدة على شكل النصب وقاعدته والمنطقة المحيطة به والشكل المعماري للنصب أو الجدارية ، وكذلك على الجزء المراد إبرازه من النصب ويتم تنسيق شدة الإضاءة المطلوبة لمثل هذه الأعمال بالتشاورمع المهندس المعماري المصمم .

7-4 إنارةالشوارع Road Lighting

هناك نقاط أساسية تؤخذ بنظرالإعتبارعند تصميم إنارة الشوارع هي :-

أ- مستوى شدة الإستنارة (الإشعاع) المطلوب- النصوع Luminance level

ب- إنتظام الإضاءة Luminance Uniformity

ج- درجة تحديد الوهج (الساقط على العين) Degree of glare limitation

د- التحليل الطيفي للمصباح Lamp spectra

1-7-4 مستوى شدة الإشعاع المطلوب (النصوع) Luminance Level

تعتمد شدة الإشعاع المطلوبة على نوع وطبيعة إستخدامات الشارع ؛ إذ أن نوع مادة تبليط الشارع لها أهمية كبيرة في حسابات شدة الإضاءة حيث أن بعض المواد التي تبلط بها الشوارع تكون ماصة للضوء أكثر من غيرها . وهناك مواد لها قابلية عكس الضوء أكثر من غيرها . فمثلا الشوارع المبلطة بالصب الكونكريتي لها قابلية عكس الضوء أكثر من الشوارع ذات التبليط القيري أو الإسفلتي كما أن شدة الإضاءة المطلوبة للشارع تعتمد على درجة الإضاءة الخارجية المنبعثة من المناطق المحيطة والمجاورة للشارع .

إن طبيعة الحركة في الشارع لها أهمية في إختيار شدة الإضاءة , فالشارع الذي تكون فيه الحركة شبه دائمية ومكتضة بالسيارات أو الأشخاص المارة يجب أن تكون شدة إستنارته عالية نسبيا . أما الشوارع ذات الإستخدام المحدود فتكون شدة أستنارتها قليلة نسبياً .

2-7-4 إنتظام النصوع Luminance Uniformity

يراعى في تصميم إنارة الشوارع أن تكون مواقع المصابيح ذات علاقة بانتظام الضوء الساقط منها على الشوارع بطريقة بحيث تتداخل المساحات المضاءة من كل مصدر (مصباح) و لا تترك مناطق مضاءة بقوة وأخرى مظلمة مما تسبب عدم الراحة لعيون مستخدمي الشارع من سائقي السيارات أو المارة. لذا يراعى في التصميم أن تكون المسافات بين عمود وآخر أو مصباح وآخر ملائمة بحيث لاتؤدي إلى ظهور مناطق مظلمة وأخرى مضيئة على طول الشارع , وهذا يمكن أخذه بعين الإعتبار عند حساب شدة الإضاءة على الشارع الذي سيتم التطرق اليه لاحقا .

3-7-4 درجة تحديد الوهج الساقط على العين Degree of Glare Limitation

يعتبر الوهج المنبعث من مصدر الضوء (تراكيب الإنارة) والساقط على العين بالنسبة لمستخدمي الشارع مصدر عدم راحة للناظر وهو معيار يقدر بدلالة الإرتياح البصري ، لذا يؤخذ بعين الإعتبار في إختيار تراكيب الإنارة وزاوية تثبيتها وإرتفاعها بحيث يمكن تقليل أو تحديد الوهج الساقط على العين إلى أقل مايمكن وذلك باختيار تراكيب ذات أغطية مصممة لحجب مصدر الضوء المباشر وكذلك يراعى إختيار الزاوية المناسبة بالنسبة للناظر باتجاهها فضلا عن وضعها بالإرتفاع الذي يؤمن أقل وهج يسقط على العين . وهناك جداول عالمية تعطي قيمة لدليل الوهج المسموح به للطرق و الشوارع وكذلك المكاتب والغرف المختلفة الإستعمال. فمثلاً يكون دليل الوهج للطرق من 7-10% بينما في المكاتب مثلاً يكون من16-19 % .أما أنواع الوهج فهي :

1. الوهج المزعج Discomfort Glare وبكون على الأنواع والدرجات والتقديرات التالية :

درجة الوهج	صفة الوهج	التقدير
1	غير مطاق	ردئ
3	مزعج	غير مريح
5	مسموح	مقبول
7	مرضى	جيد
9	غير محسوس	ممتاز

2 . الوهج المعوق Disability Glare

4-7-4 التحليل الطيفي للمصباح Lamp Sapectra

لكل مصباح مواصفات خاصة بطريقة إشعاع الضوء وتوزيعه حيث أن التحليل الطيفي للمصباح له علاقة بشكل المصباح والتركيب الحاوي للمصباح والعاكس , كما أن لون الضوء المنبعث يختلف من مصباح لآخر , وتعتبر معرفة التحليل الطيفي للمصباح أمرا ضروريا في إعداد التصاميم , وغالبا مايكون التحليل الطيفي موضحاً في دليل الشركة الصانعة لهذه المصابيح .

8-4 متطلبات إنارة الطرق

تتميز الإنارة الجيدة للطرق بالإستمرارية والتوحيد لإنارة سطح الطريق بحيث تسمح بالتعرف السريع على الأشياء الموجودة على الطريق وتقييم مسافتها وحركتها ، وهذه الأمور تعتمدعلى نوعية تراكيب الإنارة المناسبة التي يتم إختيارها وخاصة تلك التي تعطي ضوءاً أبيضاً ذهبياً (مصباح صوديوم ضغط عالي مثلا) . وتؤخذ الإعتبارات والتعاريف التالية عند إجراء حسابات تصميم إنارة الطرق :

1- شدة الإشعاع (مستوى النصوع)

درجة النصوع	1	ردئ
=	3	غير كافي
=	5	مقبول
=	7	جيد
=	9	ممتاز

ومن نتائج الدراسات على السائقين للحصول على تقدير جيد يجب أن لا يقل النصوع عن **1.5** كنديلا\م2 وفي حالة إضاءة الشارع بنصوع 2 كنديلا\م2 وجد أن 80% من السائقين لا يستخدمون المصابيح الامامية العالية .

2- إنتظام النصوع Ụ :

هو النسبة بين أدنى قيمة للنصوع L_{min} والقيمة المتوسطة للنصوع L_a

$$Ụ = L_{min} / L_a$$

وهذه النسبة يجب ان لا تقل عن 0.4

3 - معامل الإنتظام الطولي $U_L = L_{min}/L_{max}$

وهو النسبة بين أدنى وأقصى نصوع في إتجاه خط المنتصف لكل جادة (مسرب) مرور وهى تعتمد على تباعد المصابيح وعلى الخواص الفيزيائية لناشر الضوء (تركيب الإنارة المستخدم) .

4- 9 توصيات اللجنة الدولية للإنارة CIE

وهى المعايير التى يجب أن تطبق بالنسبة لإنارة الشوارع والجدول (4-2) يعطى ملخصا لهذه التوصيات .

جدول (4-2) توصيات لجنة CIE بالنسبة لإنارة الشوارع

نوع الشارع	طبيعة المنطقة المحيطةبالشارع	متوسط النصوع عند سطح الشارع La(cd/m2)	معامل الانتظام الاجمالي Uo	معامل الانتظام الطولي UL	درجة الوهج المزعج	الوهج المعوق TI%
طريق عام سريع	اي كانت	2	0.4	0.7	6	10
طريق اتصال رئيسى	نيرة مظلمة	2 1	0.4	0.7	5 6	10 10
طريق دائرى طريق رئيسي	نيرة مظلمة	2 1	0.4	0.5	5 6	20 10
طريق تجارى بوسط المدينة	نيرة	2	0.4	0.5	4	20
طرق فرعية موصلةالموصلة بين الطرق الرئيسية او التجارية وشوارع في المناطق السكنية	نيرة مظلمة		0.4 0.4	0.5 0.5	4 5	20 20

ويبين الشكل (4-2) نماذج قياسية من تراكيب إنارة الشوارع.

10-4 طرق توزيع تراكيب الإنارة للشوارع Arrangement Lighting

هناك عدة طرق لتوزيع تراكيب الإنارة على الشارع حسب نوع الشوارع و أبعادها وكما يأتي :

أ- طريقة الجهة الواحدة Single Sided

ب- الطريقة المتخالفة Zig - Zag Arrangement

وتستعمل هذه الطريقة في الشوارع التي يكون عرضها مساوي لإرتفاع التركيب أو اقل (1.5) مرة من إرتفاع التركيب . وترتب التراكيب بطريقة متخالفة على جانبي الطريق و يدعى هذا الترتيب بترتيب التخالف (zig - zag) وهي طريقة يظهر فيها ظاهرة المناطق المظلمة والمضيئة ولكن يمكن تقليل هذه الظاهرة بالتوزيع الملائم و المسافات المناسبة لمواقع تراكيب الإنارة ، لاحظ الشكل (4-3 (ب)).







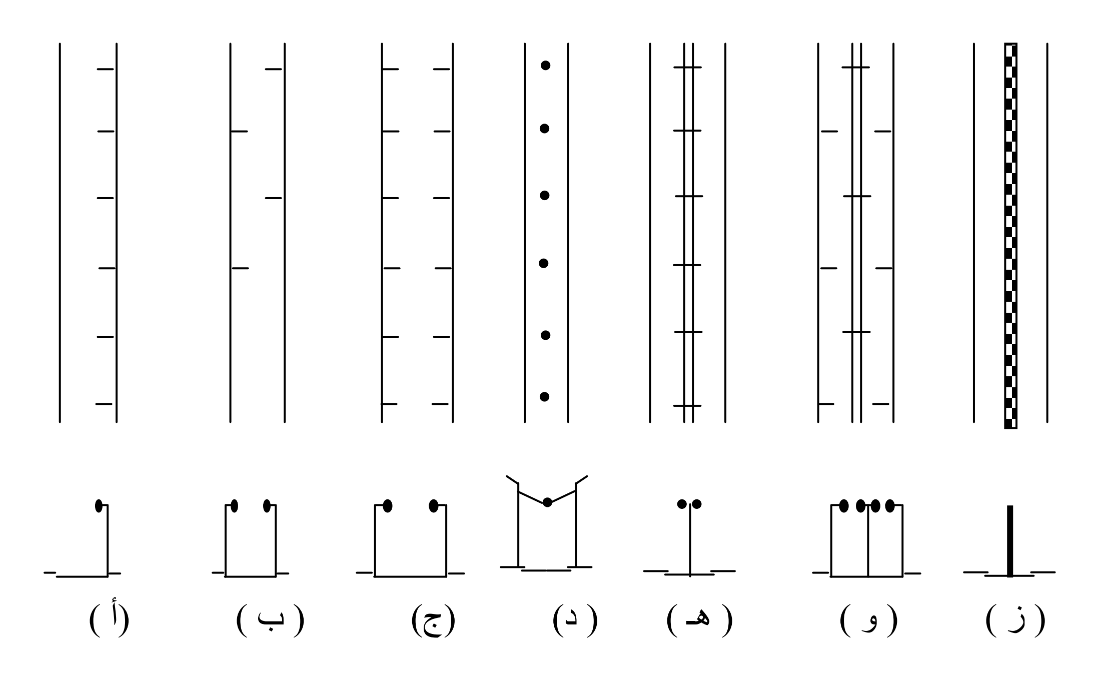

الشكل (4-2) نماذج من تراكيب (وحدات) إنارة الشوارع .

ج- الطريقة المتقابلة (المتعاكسة) (Opposite)

يتم فيها ترتيب تراكيب الإنارة بطريقة متقابلة لبعضها على جانبي الشارع وتستعمل هذه الطريقة بصورة عامة للشوارع التي يزيد عرضها عن 1.5 مرة من ارتفاع تركيب الانارة ، لاحظ الشكل (4-3- (ج)).

د- طريقة التعليق بالسلك Span Wire

يتم بهذه الطريقة تعليق تراكيب الإنارة على سلك بطريقة موازية لطول الشارع ، وتستخدم هذه الطريقة للشوارع الضيقة والتي توجد على جانبيها أبنية بحيث يمكن تثبيت طرفي السلك على هذه الأبنية ، لاحظ الشكل (4-3 (د)) . كما يمكن إستخدام أكثرمن طريقة في إنارة شارع واحد ، الشكل (4-3) .



الشكل(4-3) طرق توزيع تراكيب الإنارة للشوارع.
(أ) طريقة الجهة الواحدة .
(ب) الطريقة المتخالفة
(ج) الطريقة المتقابلة
(د) طريقة التعليق بالسلك
(هـ) طريقة التمركز الثنائي
(و) الطريقة (ج) زائد (هـ)
(ز) الطريقة التوسطية

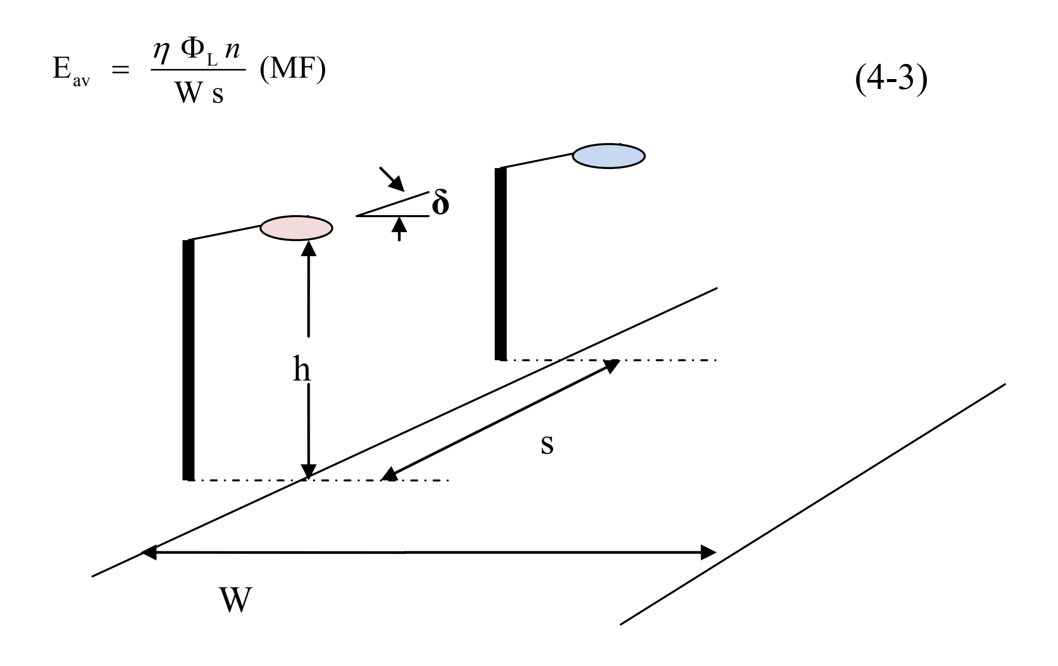
11-4 حساب إنارة الشوارع Road Lighting Illumination Calculation

يعد حساب شدة الإستنارة للشوارع من الحسابات المعقدة نسبياً و ذلك لكثرة العوامل والمتغيرات التي تدخل في مثل هذه الحسابات مثلا عرض الشارع و إرتفاعه ونوعية تبليطه إذا كان خشناً أو ناعماً والإضاءة المحيطة وإستخدامات الشارع وزخم الحركة فيه ......الخ.

ومن العوامل الأخرى التي تدخل في الحسابات كذلك هي نوعية التراكيب المستعملة لإنارة الشارع والتحليل الطيفي لمصابيح هذه التراكيب حيث من مخطط التوزيع الطيفي يمكن معرفة شدة الإستنارة المنبعثة من المصباح بالإرتفاع والزاوية التي يوضع فيها المصباح . وغالبا ما يتم حساب الإستنارة الشارع بواسطة الحاسبات الالكترونية Computers و ذلك لمعرفة شدة الإستنارة في كل نقطة في

الشـارع حيث تعطـى المعلومـات الخاصـة بالعوامـل المـؤثرة و الداخلـة فـي الحسـابات للحاسـبة ويـتم الحصول على مسح Scanning شامل لشدة الإستنارة في كل نقطة على الشارع . ومن خلال النتائج يمكن معرفة مدى الإنتظام بالإضاءة على الشارع وإذا كان هناك إختلاف في شدة الإستنارة بين مساحة معينة ومساحة أخرى بحيث تؤدي إلى ظهور مناطق مضيئة ومناطق مظلمة حينئذ يتم تغيير مواقع تراكيب الإنارة أو زاوية سقوط الضوء أو إرتفاع التراكيب إلى أن يتم الحصول على شدة الإستنارة متجانسة نسبياً على الشارع. هناك طريقة أخرى أسهل لحساب شدة الإستنارة في الشوارع وذلك بحساب متوسط شدة الإستنارة Average luminance وهي الطريقة السريعة وذلك بالإعتماد على منحنيات عامل الإنارة Utilizations Factor التي يمكن الحصول عليه من أدلة الشركات الصانعة لتراكيب الإنارة. لاحظ استخدام كلمة Luminance بدل Illuminance في حسابات شدة الإستنارة للشوارع ، حيث إما أن تقاس باللوكس أو بالكانديلا / المتر المربع . ويمكن تلخيص طريقة حساب متوسط شدة الإستنارة للشوارع بالمعادلة (4-3) التالية والشكل (4-4) وكما يأتي :

$$E_{av} = \frac{\eta \, \Phi_L \, n}{W \, s} (MF) \qquad (4-3)$$



الشكل (4-4)الشكل الهندسي لعمود الإنارة وأبعاد الطريق.

حيث أن :

الدفق المنير للمصباح Φ_L=Luminous flux of the lamp

عدد المصابيح لكل تركيب(وحدة إنارة) n = Number of lamp per luminaire

عرض الشارع او الطريق W= Width of the road

البعد بين عمود انارة واخر s= Spacing between the luminaires (columns)

η = Utilization factor. عامل الإفادة

MF = Maintenance Factor عامل الصيانة (يؤخذ عادة =1)

أما h فهو ارتفاع التعليق لوحدة (تركيب) الإنارة ، وهي المسافة العمودية من مركز التركيب الى سطح الطريق .وتعرف زاوية الميل δ بانها زاوية ميل تركيب الإنارة بالنسبة للمستوى الأفقي.

و يقصد بعامل الإفادة كونه نسبة الدفق الضوئي المفيد المنعكس من المصباح إلى الدفق الذي يصل فعلياً الى أرض الشارع كما في المعادلة الآتية:

$$\eta = \frac{\phi_{(Utilised)}}{\phi_L} \qquad (4-4)$$

حيث ان:

$\Phi_{Utilised}$: الدفق المفيد

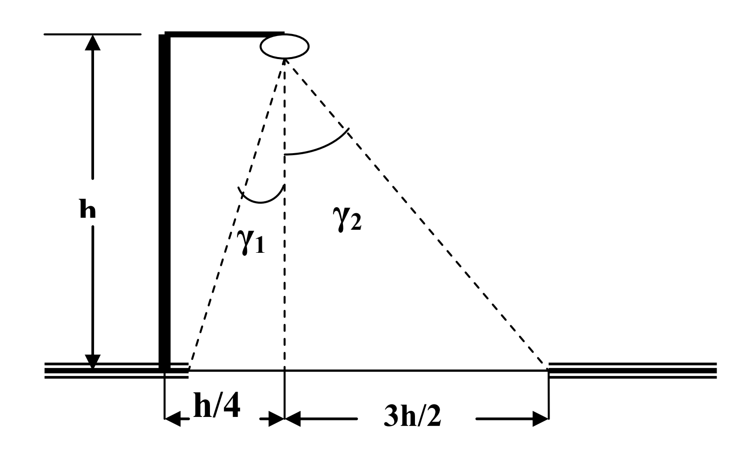
Φ_L : دفق المصباح الاصلي

و تعطى منحنيات عامل الإفادة للمصباح بدلالة إرتفاع المصباح (h) أو كدالة للزاويتين (**γ_1,γ_2**)، وهما زاويتا سقوط الضوء على الشارع من المصباح الموضحين في الشكل (4-5) وكالآتي: :

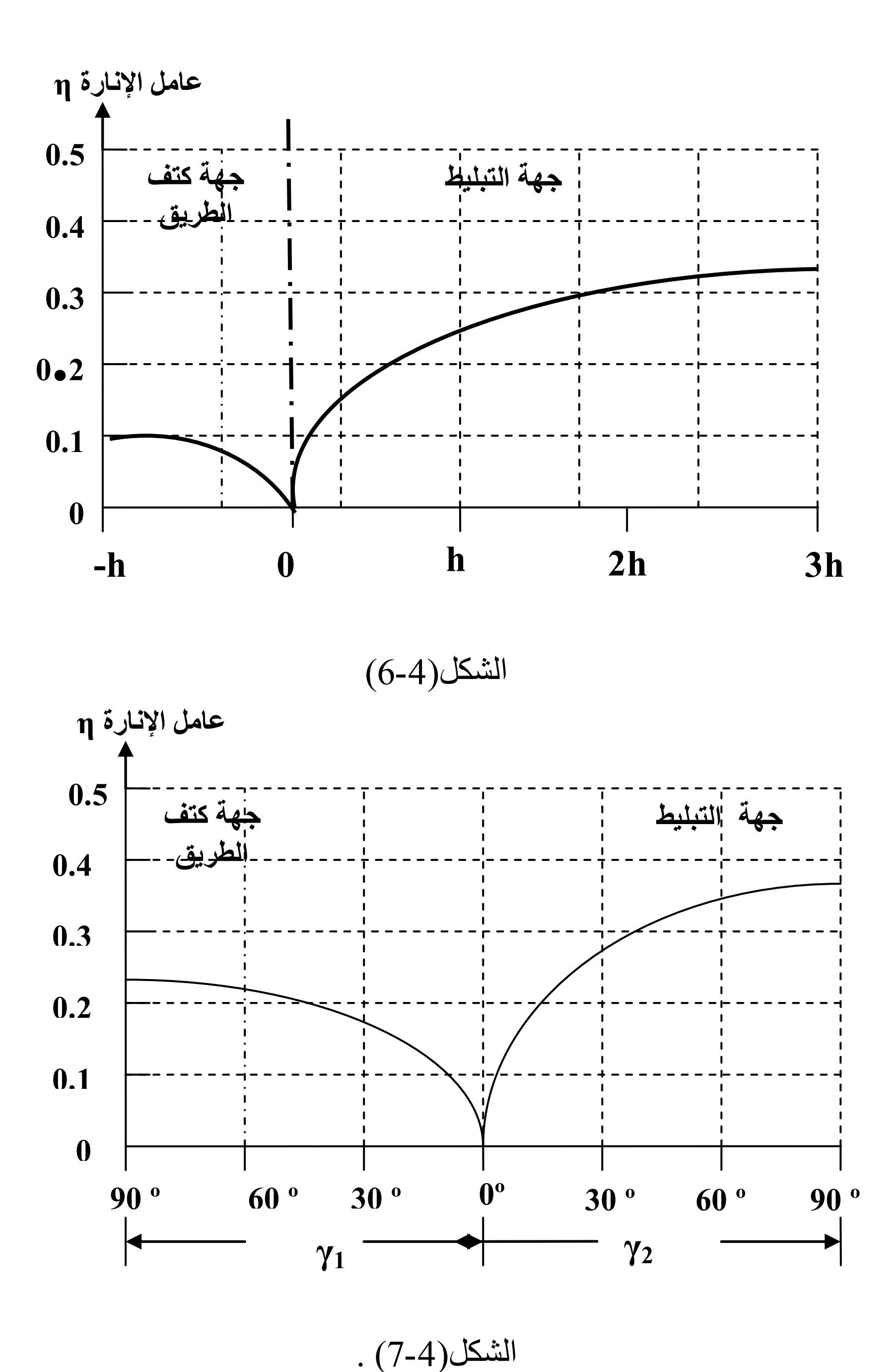
أ- يكون المنحني الذي يوضح شكل العلاقة بين عامل الإنارة (η) و المسافة (مقاسة بمضاعفات إرتفاع المصباح (h)) كما مبين في الشكل (4-6).

ب- يكون كدالة للزاويتين (**γ_1,γ_2**) ،كما مبين في الشكل (4-7) .

أما عامل الصيانة (M.F) فيؤخذ في العموم = 1 ، إلا إذا تم إعتماد قيمة أخرى مثل 0.8 للشوارع في الاجواء الجافة غير النظيفة التي تكثر فيها العواصف الترابية وقلة الامطار التي تقوم بغسل تراكيب الإنارة وتنظيفها كما هو الحال في الدول كثيرة الأمطار.



الشكل(4-5) ارتفاع التركيب h وزاويتا سقوط الضوء (**γ_1,γ_2**).



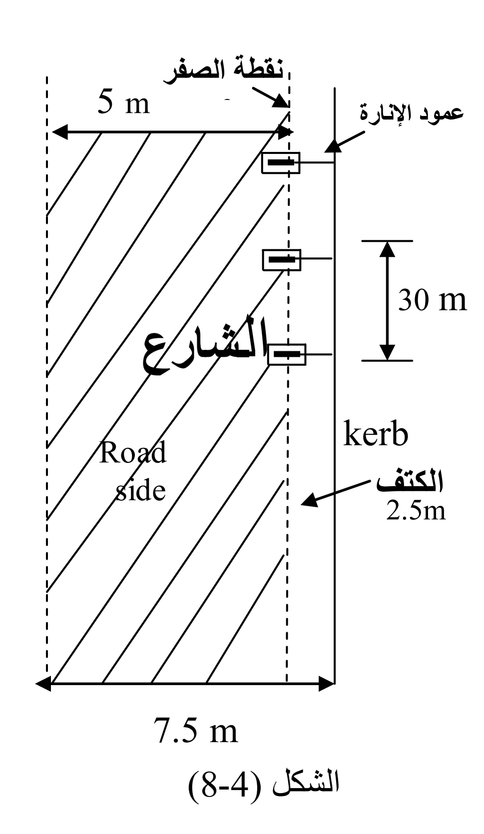
الشكل(4-6)

الشكل(4-7) .

مثال 4- 1:

إحسب متوسط شدة الإستنارة لشارع عرضه 7.5متر وضعت تراكيب الإنارة في نقطة الصفر كما موضحة في الشكل (4-8) علماً بان إرتفاع عمود الإنارة هو 10متر وأن مقدار الدفق المنبعث من المصباح هو 40000 لومن.

الحل :



الشكل (4-8)

من منحنيات عامل الافادة (η) المعطاة في الشكل (4-6) يمكن حساب قيمتها

عامل الافادة لكتف الشارع 2.5m عن نقطة الصفر وهذه تعادل 0.25h

$$\eta_1 \text{ kerb side} = 0.075$$

عامل الافادة لجهة الشارع 5m عن نقطة الصفر وهذه تعادل 0.5h

$$\eta_2 \text{ road side} = 0.17$$

وعليه يكون المجموع الكلي لعامل الإفادة

$$\eta_1 \text{ kerb} + \eta_2 \text{ road} = 0.075 + 0.17 = 0.245$$

لذا يكون متوسط شدة الإستنارة من المعادلة (4-3)

$$Eav = \frac{\eta \varphi_L}{\text{Ws}} = \frac{0.245 x\ 40000}{7.5 x\ 30} = 43.5 \text{ Lux.}$$

مثال 4 - 2 :

في المثال رقم (4-1) تم إبدال تركيب الإنارة بتركيب آخر يحتوي على مصباح زئبقي واحد قدرته 400 واط . إحسب متوسط شدة الإستنارة للشارع إذا كان تباعد الأعمدة (أ) 30متراً، (ب) 40 متراً. علما أن الدفق المنبعث من المصباح هو 22500 لومن .

الحل:

1- الدفق المنبعث من المصباح هو 22500 لومن .

2- من المثال السابق يكون عامل الإفادة هو 0.245 .

(أ) لتباعد أعمدة 30م يكون متوسط : شدة الإستنارة

$$E_{av} \quad \frac{\eta \ \varphi_L}{\text{W s}} = \frac{0.245 \text{ x } 22500}{7.5 \text{ x } 30} = 24.5 \text{ lux.}$$

(ب) لتباعد أعمدة 40 متر يكون متوسط شدة الإستنارة:

$$E_{av} \quad \frac{\eta \ \varphi_L}{\text{W s}} = \frac{0.245 \text{ x } 22500}{7.5 \text{ x } 40} = 18.375 \text{ lux.}$$

من الملاحظ هنا أنه كلما تباعدت الأعمدة يقل متوسط شدة الإستنارة.

مثال 4-3:

في المثال (4-2) إذا كان الشارع ضمن منطقة تكثر فيها العواصف الترابية المتكررة الحدوث ويقل فيها هطول الامطار مثل المناطق الصحراوية بصورة عامة. إحسب متوسط شدة الإستنارة في هذه المنطقة آخذا بعين الإعتبار عامل الصيانة ولتباعد أعمدة 30 متراً.

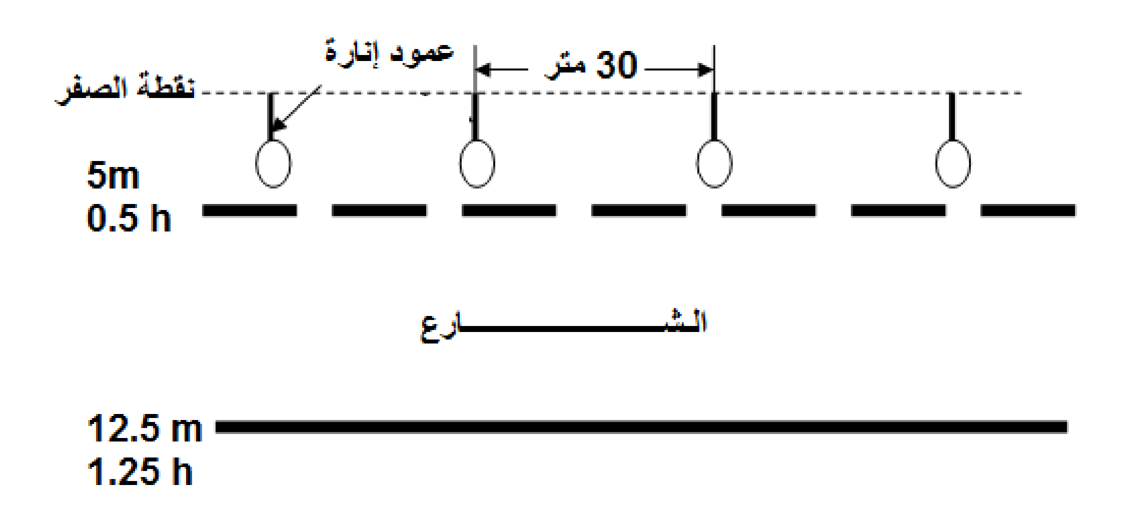
الحل :

بما أن تراكيب الإنارة تعمل في منطقة صحراوية تتعرض فيها لتراكم الغبار فسوف نختار عامل صيانة مساوياً إلى 0.8 . لذا يكون متوسط الشدة المنيرية كالأتي :

$$E_{av} \quad \frac{\eta \ \varphi_L}{W \ s} \ (MF) \ = \ \frac{0.245 \ x \ 22500}{7.5 \ x \ 30} \ x \ 0.8 \ = 19.6 \ lux.$$

مثال 4-4:

إحسب متوسط شدة الإستنارة على شارع عرضه 7.5 متر الإعمدة مرتبة كما في الشكل(4-9) علماً أن إرتفاع عمود الإنارة هو 10 متر وأن المسافة بين عمود وآخر هي 30 متر وقيمة الدفق المنبعث من المصباح المستعمل هو 40000 لومن.



الشكل (4-9)

الحل :

يتم حساب عامل الإفادة η للشارع من الشكل رقم (4-6) كماياتي:

- عامل الإفادة لأبعد نقطة في الشارع عن نقطة الصفر

$$\eta_1 \rightarrow 1.25h = 0.30$$

- عامل الإفادة لكتف الشارع عن نقطة الصفر

$$\eta_2 \rightarrow 0.5h = 0.17$$

- عليه يكون عامل الإفادة الكلي:

$$\eta(0.5h - 1.25h) = 0.3 - 0.17 \quad = 0.13$$

(يطرح هنا لكون نقطة الصفر مبتعدة عن الشارع).

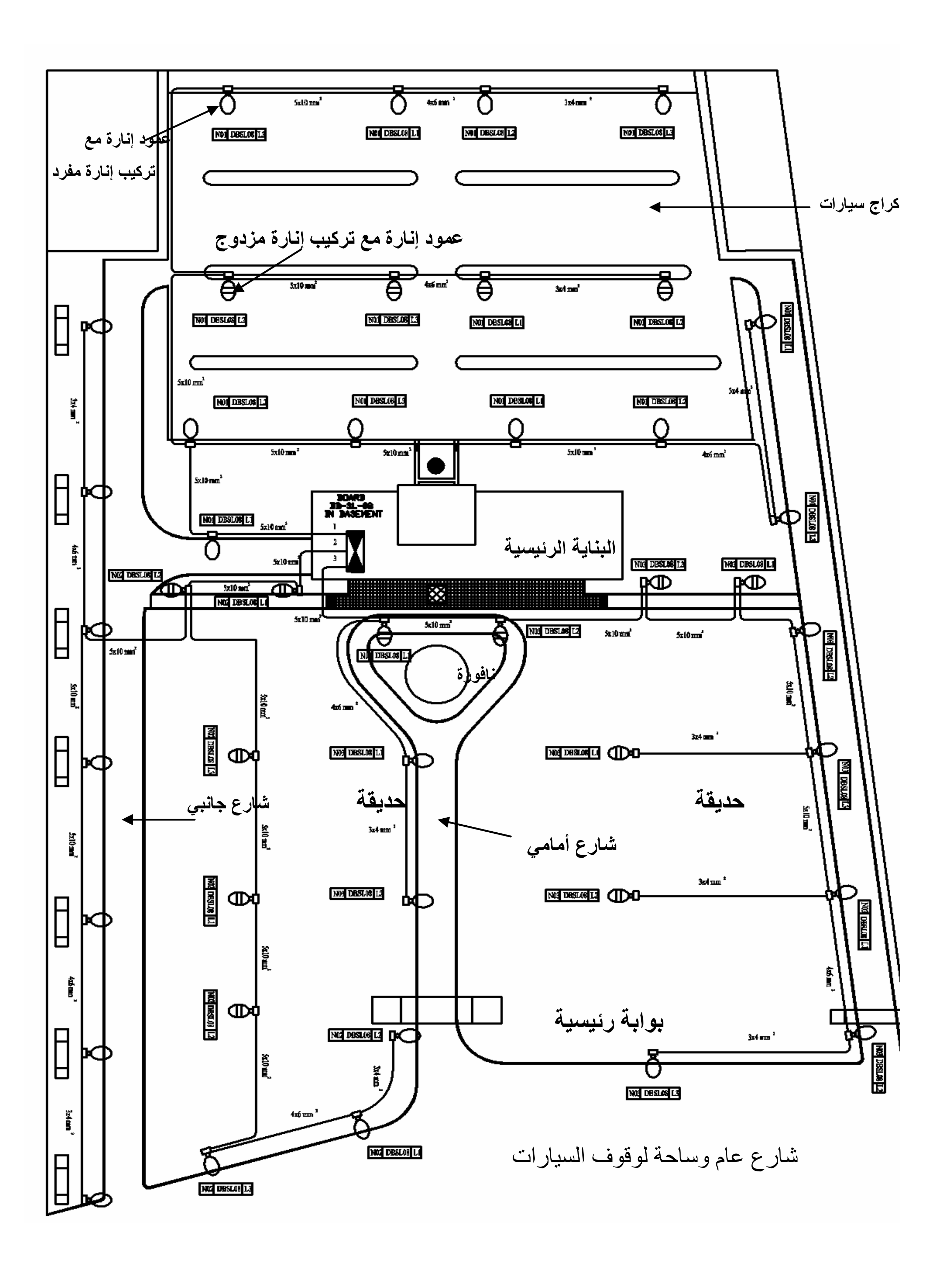
$$Eav = \frac{\eta\varphi_L}{Ws} = \frac{0.13x\ 40000}{7.5x\ 30} = 23.1 \text{ Lux}$$

ويبين الجدول (4-3) متوسط شدة الإستنارة على السطح الأفقي للطرق بمختلف أنواعها.

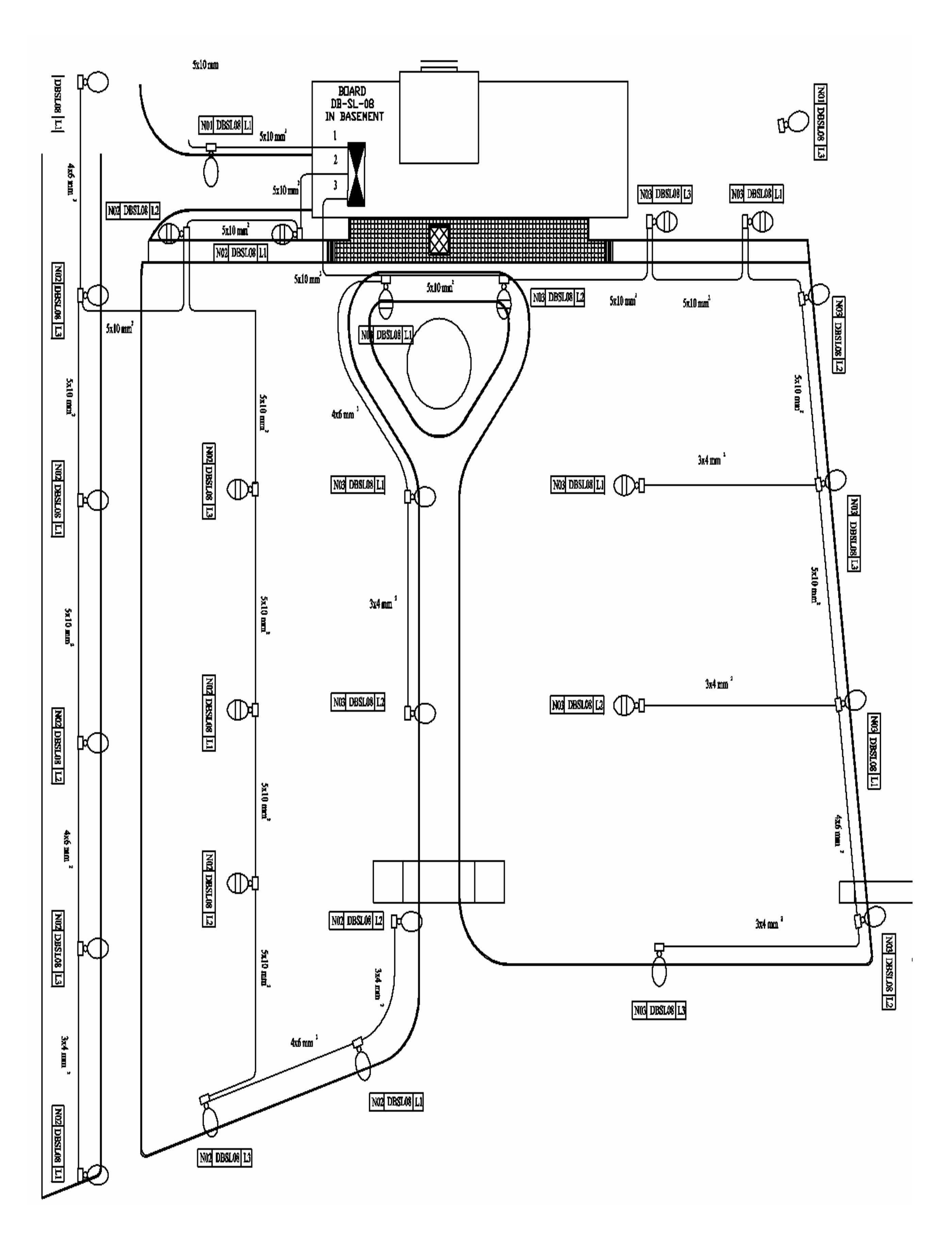
الجدول (4-3) متوسط شدة الإستنارة على السطح الأفقي للطرق .

تصنيف الطريق	منطقة تجارية	منطقة سكنية
	شدة الإستنارة (لوكس)	شدة الإستنارة (لوكس)
طريق حرة	6	6
الطرق السريعة	15	12
طريق رئيسي	25	12
طريق جامع Collector	------	6
طريق محلي Local	12	6
زقاق	8	6

كما يبين الشكل (4-10) تصميما لإنارة خارجية لبناية كبيرة لغرض الفائدة .



الشكل (4-10 (أ)) مثال لتصميم إنارة خارجية لموقع بناية كبيرة مع مرآب(كراج) خلفي للسيارات .



الشكل (4-10 (ب)) الجزء الأمامي للموقع .

الفصل الخامس
مآخذ (مقابس) القدرة الكهربائية Socket Outlets

1-5 مقدمة

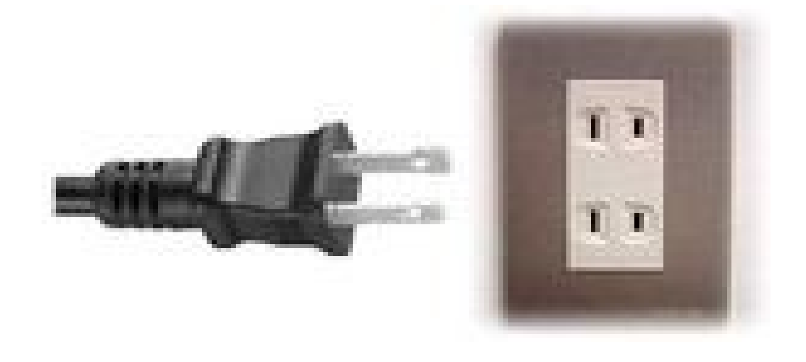
تعد مآخذ القدرة الكهربائية من أهم الوسائل لخدمة القدرة العامة أو تسمى القدرة الطابقية Floor power لتأمين مصدر كهربائي لتشغيل الأجهزة المتنقلة والثابتة . وينتشر إستخدامها عموماً في الأبنية المنزلية والتجارية والخدمية والصناعية ، وتبدأ سعاتها المتوفرة في الأسواق العالمية من 2, 5, 6, 13, 15إلى 16 أمبير بالنسبة لمآخذ القدرة ذات الطور الواحد الإعتيادية . وقد تبلغ قدراتها نحو 60 كيلو واط للأغراض الصناعية .وتصنف في العموم ضمن نوعين رئيسيين:

- مآخذ القدرة للأغراض المنزلية الإعتيادية .Domestic AC power sockets
- مآخذ القدرة للأغراض الصناعية والخاصة.Industrial & special power sockets

أما الأنواع الأكثرإنتشاراً في الوقت الحاضرلأغراض القدرة المناسبة لخدمة الإجهزة المتنقلة الخدمية فهي المآخذ ذات سعات 10 و 13 و15 أو 16 أمبير المألوفة لما تمتاز بها هذه السعات من متوسط معدل تيار مقبول ومرن بالنسبة للأجهزة الخدمية . كذلك فإن عمرها التشغيلي يكون طويلاً نسبياً إذا ما أحسن إستخدامها وعدم تحميلها أكثر من حملها الأصلي. وقد تم إختيار هذه السعات بموجب دراسات إحصائية وتجارب وخدمات سابقة من قبل المصنعين في هذا المجال . حيث كانت سعات 2 و5 أمبير هي الأكثر إستعمالاً في بداية القرن الماضي وثبت عدم كفاءتها لاحقاً من الناحية العملية . ما يهمنا في هذا الفصل هو إعطاء معلومات أساسية حول مآخذ القدرة من ناحية توزيعها في الأبنية واختيار أنواعها وأساليب ربطها .

2-5 أنواع المآخذ والقوابس الاعتيادية والمنزلية Types of Domestic plugs and sockets

1- النوع A (ثنائي الفتحة الياباني/ الأمريكي) Type A (North America/Japanese 2-pin) :



الشكل (5-1) المأخذ ألياباني / الأمريكي نوع A .

يستخدم هذا النوع من المآخذ في أميركا الشمالية واليابان وبعض الولايات الكندية وقد إنحسر استخدامه في الوقت الحاضر لعدم احتوائه على الخط الأرضي الثالث .

2– النوع B (الأمريكي ثلاثي الفتحة) Type B (American 3-pin) :



الشكل (5-2) المأخذ الأمريكي نوع B .

هذا النوع من أكثر الأنواع شيوعاً في أميركا الشمالية وكندا في الوقت الحاضر وفقا للمواصفتين American standard NEMA 5-15 الإمريكية و Canadian standard CSA 22.2, Nº42 الكندية ، ويستخدم كذلك في اليابان وكوريا الجنوبية وتايوان والمكسيك وجزر الكاريبي وأمريكا الوسطى، ويكون تقنينه 15 أمبيراً- 125 فولت.

3- النوع C (ثنائي الفتحة الأوربي) Type C (European 2-pin) :



الشكل (5-3) المأخذ ألأوربي نوع C .

يعد هذا النوع من أكثر الأنواع شيوعا في العالم المسمى (Europlug 2.5 A/250 V unearthed) المصنع وفق المواصفة الدولية CEE 7/ 16 . ويستخدم في جميع دول أوربا وروسيا وأميركا الجنوبية (البرازيل) وتركيا وبعض الدول العربية. ولا يحتوي المأخذ على الأرضي وإنما يحتوي على فتحتين قطر كل منهما 4 ملم والتباعد بينهما 19 ملم ، فتحة للخط Line وفتحة للمحايد Nuetral .

4 – النوع D (ثنائي الفتحة الألماني) (Type D – German 2-pin) :
وهو ألماني الصنع سعة (16 أمبير 250 فولت) مؤرض من جهتين ؛ مصنع وفق المواصفة الدولية (CEE 7/14). ويسمى بمأخذ شوكو (Schuko).



الشكل (5-4) المأخذ الألماني نوع D .

5 – النوع E (ثنائي الفتحة الفرنسي المؤرض) (Type E (French 2-pin , female earth:

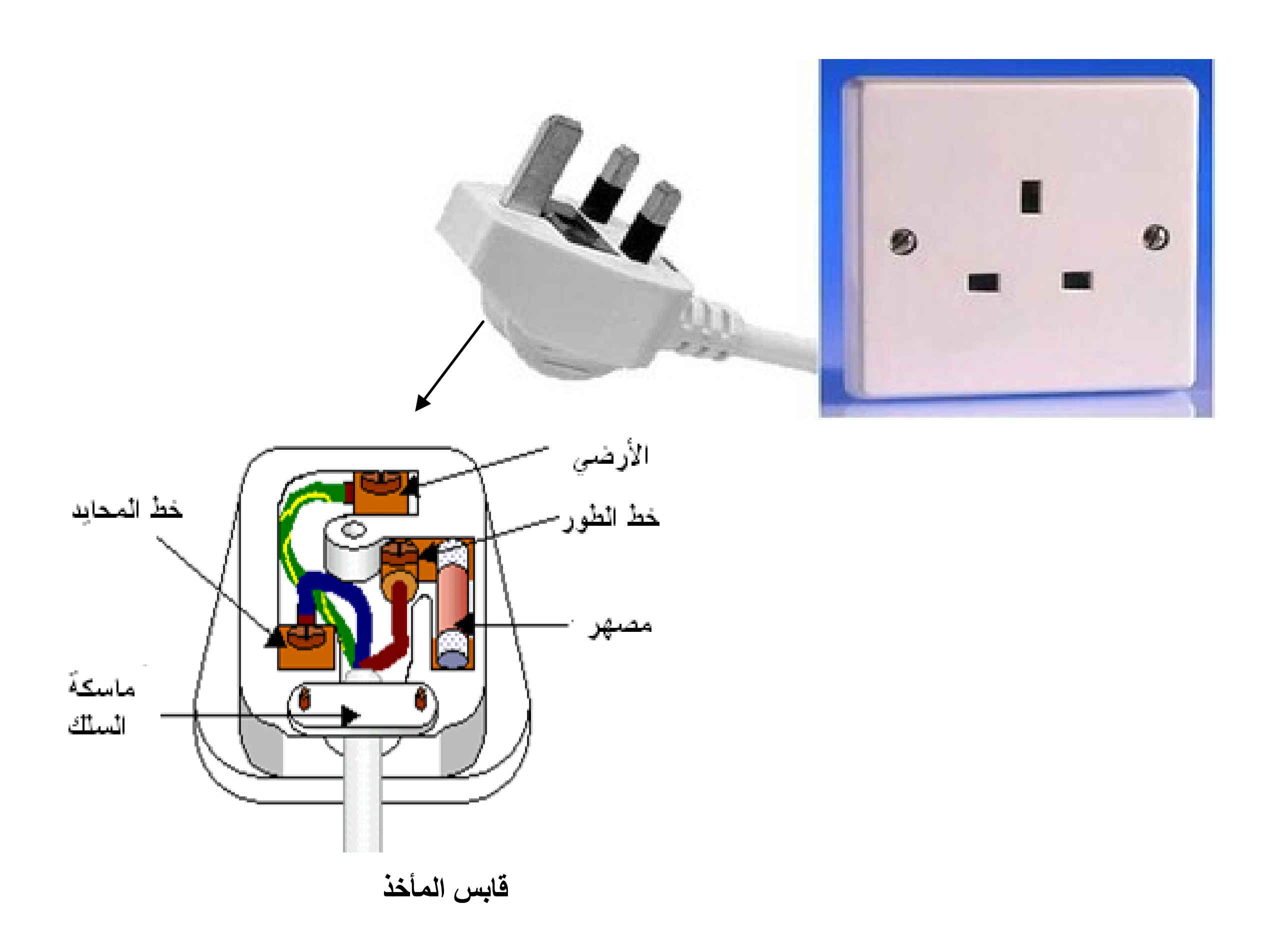




الشكل (5-5) المأخذ الفرنسي نوع E .

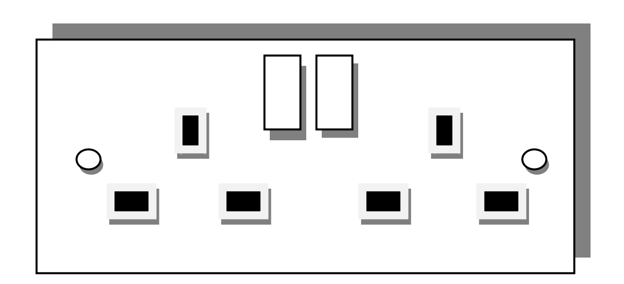
يتوافق هذا المأخذ عموما مع المأخذ الألماني السابق ويستخدم في فرنسا وبلجيكا وبولندا وجمهورية ألجيك والسلوفاك. ويصنع بسعة 16 أمبير 250 فولت عموما .

6 - النوع F (البريطاني ثلاثي الفتحة المفرد) (Type F (British 3- pin :
يصنع هذا المأخذ وفق المواصفة البريطانية (BS1363) بشكل مربع مع قابس مثلث حاوي على الأرضي مع مصهر خزفي 3 أو 5 أو 13 أمبير}. BS 1363 (British 13 A/250 V 50Hz (earthed and fused } .ويستخدم في بريطانيا وايرلندا ودول الكومنولث وكثير من الدول العربية. هذا المأخذ الشائع الإستخدام في البلاد العربية مبين في الشكل (5-6) .



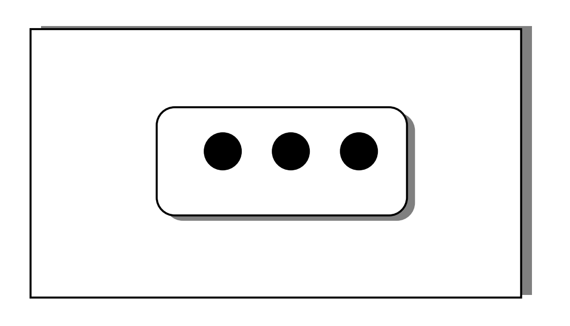
الشكل (5-6) المأخذ البريطاني 13A نوع F .

7 – النوع الثلاثي المزدوج البريطاني (Duplex British 3 – pin) : يشبه هذا النوع المأخذ السابق عدا أنه يكون مزدوجا كما هو موضح في الشكل (5-7) .



الشكل (5-7) المأخذ 13A البريطاني المزدوج نوع F .

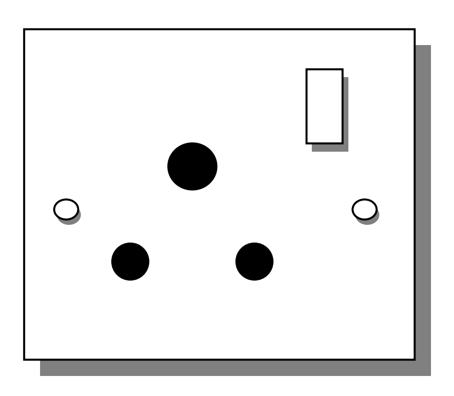
8- النوع G (الثلاثي الدانمركي) (Type G (Danish 3-pin: وهو النوع الشائع الإستخدام في الدانمرك ومصر والأردن وإيطاليا ودول شمال أفريقيا . ويصنع بسعتين 10 أمبير و16 أمبير ويحتوي على السلك الأرضي في الوسط.





الشكل (5-8) المأخذ الدانماركي نوع G .

9- النوع الثلاثي البريطاني المؤرض سعة 15 أمبير (BS 546 (15 A/250 V earthed :
يستخدم هذا النوع في بريطانيا وجنوب أفريقيا والهند والعراق وبعض الدول العربية لخدمة الأجهزة المكتبية والمنزلية ذات القدرات العالية وخاصة أجهزة التكييف لغاية 1.5 طن تبريد.



الشكل (5-9) المأخذ البريطاني سعة 15 أمبير.

وهناك أنواع كثيرة أخرى من المآخذ في العالم ، كالمأخذ الأسترالي والسويسري والإيطالي وغيرها والتي لامجال لحصرها في هذا الكتاب .

3-5 مآخذ القدرة للأغراض الصناعية والخاصة

تؤمن مآخذ القدرة الصناعية إيصال القدرة الكهربائية من المصدر عندما تكون مآخذ القدرة الإعتيادية غير كافية لتغذية الأجهزة والمعدات . كذلك عندما يراد حماية المأخذ من الظروف المحيطة كالحماية ضد الرطوبة والماء والحريق وغيرها . والأبنية ذات الطبيعة الصناعية مثل الورش والمعامل والمخازن

والمختبرات مثلا تحتاج إلى مآخذ قدرة صناعية تتحمل ظروف العمل الخاصة بمثل هذه الأماكن من حيث تعرضها للصدمات أو الإستعمال المكثف Heavy Duty أو تعرضها لظروف محيطة مؤثرة مثل الرطوبة ورذاذ الماء ودرجة الحرارة العالية والأتربة إلى غير ذلك ، عندئذ تستخدم مآخذ من نوع خاص تسمى بالمآخذ المحمية من الظروف الجوية Weather-proof. كما أن هناك بعض أماكن عمل مثل الورش والمخازن وغرف العمليات وغرف التخدير في المستشفيات التي توجد فيها مصادر غازات قابلة للإنفجار لذا يجب مراعاة ذلك بإختيار مآخذ قدرة خاصة ذات مواصفات معينة بحيث لايؤدي اشتغالها إلى توليد شرارة وبالتالي حدوث إنفجار أو حريق في ذلك المكان . وهذا النوع من المآخذ يسمى ضد الإنفجار Explosive-proof أو عديم الشرارة Sparkless Type . كما أن هناك بعض الإستخدامات في الأبنية قد تحتاج إلى مآخذ قدرة ذات تغذية ثلاثة أطوار أو طورين أو طور واحد ، أنظر الشكل (5 –10).







الشكل (5-10) مآخذ القدرة الصناعية .

4-5 توزيع نقاط مآخذ القدرة

يراعى في تصميم توزيع مآخذ القدرة عوامل مهمة عديدة ويكون إختيارها وتوزيعها ضمن الإعتبارات التالية :

- طبيعة إستخدامات البناية.
- الأجهزة المتوقع ربطها بهذه المآخذ .
- الحمل المتوقع لهذه المآخذ.
- المواقع الملائمة لتثبيتها.
- مصدر التغذية لمآخذ القدرة.

1- طبيعة استخدامات البناية:

يتطلب إختيار نوع مآخذ القدرة معرفة طبيعة إستخدام البناية ، فالأبنية الصناعية تختلف أنواع المآخذ فيها عن الأبنية الإدارية (المكاتب مثلا) ، حيث أن المآخذ في الأبنية الصناعية تكون أغلبها من النوع الصناعي متعدد الأطوار، بينما في الأبنية المكتبية تكون المآخذ إعتيادية ذات طور واحد ومن النوع الذي يتحمل الإستعمال الخفيف مثل مأخذ القدرة ذي سعة 13 أمبير الشائع إستعماله في المكاتب. ويفضل في البناية الواحدة أن يكون تصميم المآخذ من نوع واحد لغرض التوحيد في مقابس plugs الأجهزة ولا يفضل تنويعها مثل إستخدام مآخذ ذات 13 أمبير و 10 أمبير و5 أمبير و2 أمبير في بناية أو غرفة واحدة لإغراض القدرة الخفيفة . أما مآخذ 15 و 16 أمبير فتستخدم عموماً للأجهزة ذات القدرة المتوسطة مثل أجهزة التكييف والتسخين ذات قدرة لحد 2000 واط تقريباً . وسنستعرض لاحقا أنواع المآخذ الاعتيادية المستخدمة للأغراض المنزلية والمكتبية والتجارية في معظم دول العالم والتي تسمى بالنظام البريطاني Sockets وفي النظام الأميركي Outlets or receptacles.

2- الأجهزة المتوقع ربطها على مآخذ القدرة

يكون إختيار مواقع مآخذ القدرة وعددها حسب نوع الأجهزة التي سيتم إستخدامها في البناية ، لذا يجب أن يكون هناك تصور أولي عند البدء بالتصميم عن جميع متطلبات البناية من الأجهزة التي يتوقع إستخدامها فيها ، إضافة إلى ذلك فأنه يجب أن تتوفر عند المصمم معرفة أولية عن حمل كل جهاز ليتم إختيار المأخذ المناسب له . ويراعى أيضاً في ما إذا كانت هناك أجهزة في البناية تستخدم التيار المستمر(D.C.) مثل بعض المختبرات الخاصة التي تحتوي على أجهزة فحص وقياس تحتاج إلى تيار مستمر.

3- الحمل المتوقع

بعد أخذ كافة المتطلبات الواردة في أعلاه بعين الإعتبار ، يتم حساب الحمل المتوقع ربطه بالمآخذ وساعات اشتغالها وعدد المآخذ التي تستعمل في آن واحد ، لذا يدخل هنا في الحساب عامل التباين Diversity Factor الذي ورد ذكره في الفصل الأول والذي له علاقة بإختيار قاطع الدائرة الخاص بتغذية كل مجموعة من المآخذ . كما يدخل هذا العامل في تخمين حساب الحمل الكلي للبناية وبالتالي له تأثير كبير في إختيار قاطع الدائرة الرئيسي إضافة إلى حجوم الكيبلات الرئيسية والفرعية التي تغذي هذه المآخذ.

4 – المواقع الملائمة لتثبيت المآخذ

يعد إختيار مواقع مآخذ القدرة المناسبة ذو أهمية كبيرة في التصميم حيث يجب فيه إن يكون مأخذ القدرة قريباً من الأجهزة التي سيتم استخدامها في البناية كما إن إرتفاع مأخذ القدرة عن مستوى أرضية الغرفة أو الورش له أهمية أيضاً من ناحية الأمانSafety والناحية الجمالية ، إضافة الى عوامل أخرى ، فمثلا يفضل أن تكون مآخذ القدرة في المكاتب على إرتفاع (30- 45) سم عن مستوى الأرضية وأن تكون في

جهة الزاوية البعيدة المقابلة لباب الدخول للغرفة حيث موضع منضدة العمل الملائم . أما في الورش والمطابخ فيكون بصورة عامة على إرتفاع 120 سم عن مستوى الأرضية وكذلك بالنسبة للمختبرات فانه يجب وضعها على إرتفاع لايزيد عن 30 سم فوق مستوى منضدة العمل.

5- مصادر التغذية لمآخذ القدرة

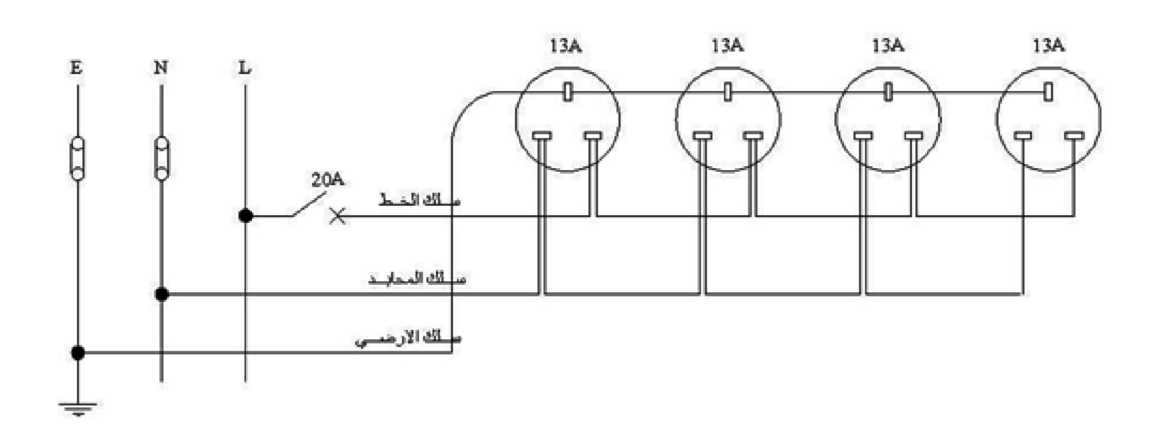
يأتي إختيار مصدر التغذية لمآخذ القدرة الكهربائية بعد معرفة جميع المعلومات الأولية الواردة في أعلاه وطبيعة الأجهزه المستخدمة وأهميتها ، حيث يتم تغذية مآخذ القدرة الإعتيادية بمصدر التغذية الإعتيادي للبناية . أما بالنسبة لمآخذ القدرة التي تعمل عليها أجهزة ذات أهمية خاصة بحيث تتطلب تغذية من مصدر كهرباء غير معرض للإنقطاع فيتم تغذيتها من مصادر طوارئ للتغذية الكهربائية الاضطرارية كأن تكون من مولدات كهربائية خاصة بالبناية أو ربطها بدوائر أجهزة القدرة اللامنقطعة [Uninterruptible Power Supply(UPS)] مثل غرف العمليات وغرف الإنعاش في المستشفيات وأجهزة الحاسوب في المصارف (البنوك) وأجهزة الإتصالات في المطارات وغيرها وتعرف عادة مثل هذه الأحمال بالأحمال الحرجة Critical Loads.

5-5 طرق ربط و تغذية مآخذ القدرة سعة 13 أمبيراً

يتم تغذية مآخذ القدرة سعة 13 أمبيراً بإحدى الطريقتين الآتيتين وحسب قناعة المصمم :

أ- الربط الشعاعي Radial connection

في الربط الشعاعي يتم ربط عدة مآخذ شعاعياً إلى وسيلة حماية واحدة كأن تكون مصهرا(فيوز) أوقاطع دائرة من خلال لوحة التوزيع النهائية بالإسلوب الموضح في الشكل (5-11) .



الشكل(5-11) ألربط ألشعاعي لمآخذ القدرة 13 امبير.

ويجب في هذه الحالة إستخدام أسلاك بتقنين لايقل عن مقرر(تقنين) جهاز الحماية أو القاطع المستخدم لتغذية الدائرة. أما أقصى عدد للمآخذ الممكن ربطها على قاطع دائرة 20 سعة أمبيرا كما موضح في الشكل (5-2) فهو ثمانية مآخذ (والعدد المفضل المثالي هو ستة مآخذ) قد تكون في الغرفة نفسها أو في

غرفتين متجاورتين ويفضل إستخدام سلك قياس 2.5 ملم^2 لتغذية المآخذ بالنسبة لسك الخط وسلك المحايد وسلك الأرضي. وتفرض بعض الدول العربية استخدام سلك قياس 4 ملم^2 لهذا الغرض في مواصفاتها.

ب- الربط الحلقي Ring connection

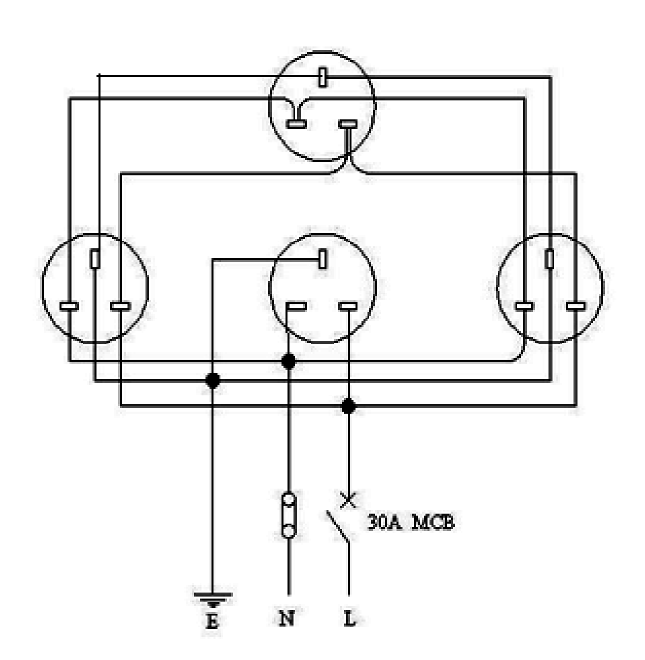
يستخدم الربط الحلقي للمآخذ في الحالات الآتية:

(1) لزيادة وثوقية Reliability الدائرة الكهربائية كون أن المآخذ جميعها تغذى من إتجاهين.

(2) لخدمة مساحات كبيرة باقل عدد ممكن من دوائرالتوزيع النهائية (تقليل عدد القواطع في لوحة التوزيع).

(3) بالإمكان تحميل القاطع 150% من سعته لفترة قصيرة بدون التأثيرعلى خواصه ودون الخوف من زيادة التيارعلى الأسلاك المربوطة للمآخذ كون أن التيار المسحوب سوف يتوزع إلى نصفين على هذه الأسلاك.

ومن الجدير بالذكر أنه في النظام الحلقي يمكن خدمة مآخذ قدرة موزعة على مساحة 90 - 100متر مربع أي مايقارب ربط 16 (ستة عشر) مأخذا عن طريق دائرة واحدة محمية بقاطع دائرة عيار 30 أمبير وبإستخدام سلك قياس 2.5 ملم^2 ، ويبين الشكل (5-12) طريقة للربط الحلقي لمآخذ قدرة سعة 13 امبير. في كل الاحوال يجب أن لايقل تقنين التيار للسلك المستخدم في الربط الحلقي عن 67٪ من تقنين قاطع الدائرة المستخدم للحماية وأقل حجم مسموح به للسلك المغذي هو 2.5 ملم^2.



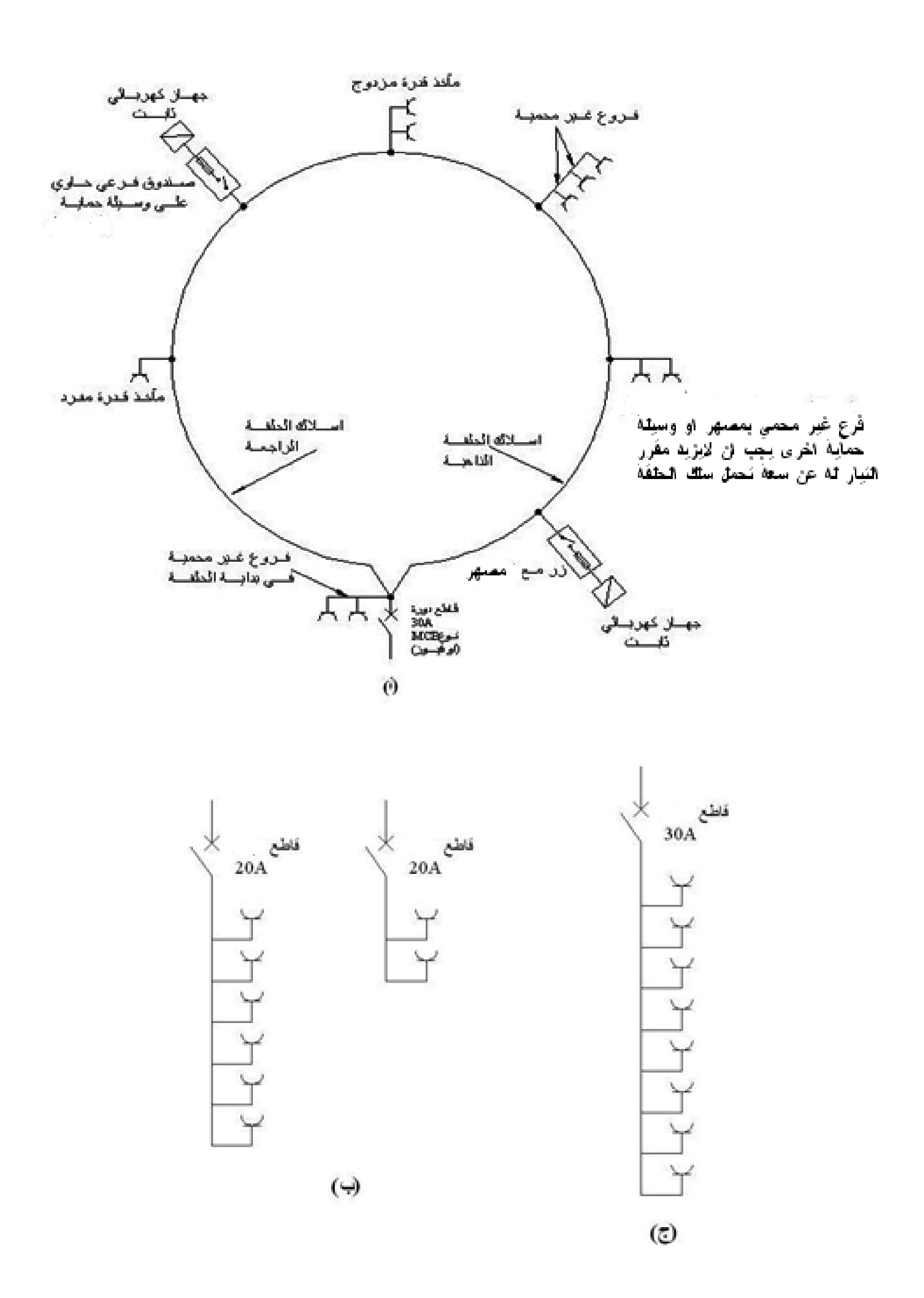
الشكل (5-12) الربط الحلقي لمآخذ القدرة سعة 13 أمبير.

إختيار عدد المآخذ في الدائرة الواحدة

إن عدد المآخذ في الدائرة الواحدة سواء كانت الدائرة ذات ربط شعاعي أو حلقي ليس ثابتاً. إذ يخضع هذا العدد بحسب نوع الأجهزة التي سترتبط على المأخذ الواحد وقدرتها الكهربائية. وطبقاً للمواصفة البريطانية BS1363 يجب أن لا تربط أجهزة ثابتة على مآخذ 13 أمبير تزيد تياراتها عن هذا المقدار. ومن وجهة نظر المؤلف ، عند تصميم دائرة مآخذ ذات الربط الحلقي يجب الإنتباه إلى تجنب ربط أجهزة كثيرة ذات أحمال غير منزلية كبيرة نسبياً إلى هذه الدائرة. فمثلاً إذا كان من المتوقع ربط على دائرة حلقة ثلاثة سخانات كبيرة قدرة كل واحد منها 2250 واط والتي من المتوقع استخدامها جميعها في آن واحد ، فإن إحتمال حصول زيادة التحميل Overloading على الدائرة هو شئ وارد بالتأكيد كون أن مجموع الحمل على الدائرة هو 6750 واط أي ما يعادل أكثر من 30 أمبير بفولتية خدمة 230 فولت وهو أكثر من سعة قاطع الدائرة (30 امبير) المستخدم لحماية الدائرة الحلقية. لذا يجب إستخدام دوائر منفصلة لتغذية هذه الأحمال. وحيث أن أقصى حمل ممكن ربطه على دائرة مآخذ حلقية هو 6600 واط (أو ما يعادل 30 أمبير) فإن حمل تدفئة ذي قدرة 6000 واط مربوط على الدائرة سوف لا يترك متسعاً لربط أحمال اخرى عليها ، حيث أن سعة 600 واط الباقية المسموح بربطها سوف لن تكون كافية لربط أجهزة أخرى متوسطة القدرة. لذا يجب إعادة النظر في ترتيب توزيع الدوائر الحلقية كأن تستخدم دائرتان بدل دائرة واحدة مثلاً.

إن الإحتمالات المذكورة في أعلاه بخصوص الدوائر الحلقية قد لا تحدث مع الأجهزة المنزلية Domestic appliances ولكنها واردة جدا في الأجهزة غير المنزلية Non- domestic .

نستنتج مما ورد في أعلاه أن عدد المآخذ المسموح بربطها على الدائرة الواحدة سواء كانت حلقية أو شعاعيه ليس ثابتاً. وإنما يعتمد على نوعية الأجهزة وأحمالها التي سوف تربط اليها وكذلك إجتهاد المهندس المصمم . ويبين الشكلان (5-13) و(5-14) متطلبات الدوائر التي تستخدم مآخذ سعة 13 أمبير للأجهزة المنزلية وغير المنزلية على التوالي مع الملاحظات التي يجب أخذها بعين الإعتبار. ويعطي الجدول(5-1) خلاصة الخبرة البريطانية في هذا المجال وفق ما جاء في الكود البريطاني للخبرة العملية British Cod of Practice .



الشكل(5- 13) متطلبات الدوائر التي تستخدم مآخذ سعة 13 أمبير للأغراض المنزلية :

(أ) دائرة حلقية ذات فروع واجهزة ثابتة ، (ب) و (ج) دوائر شعاعية .

الملاحظات :

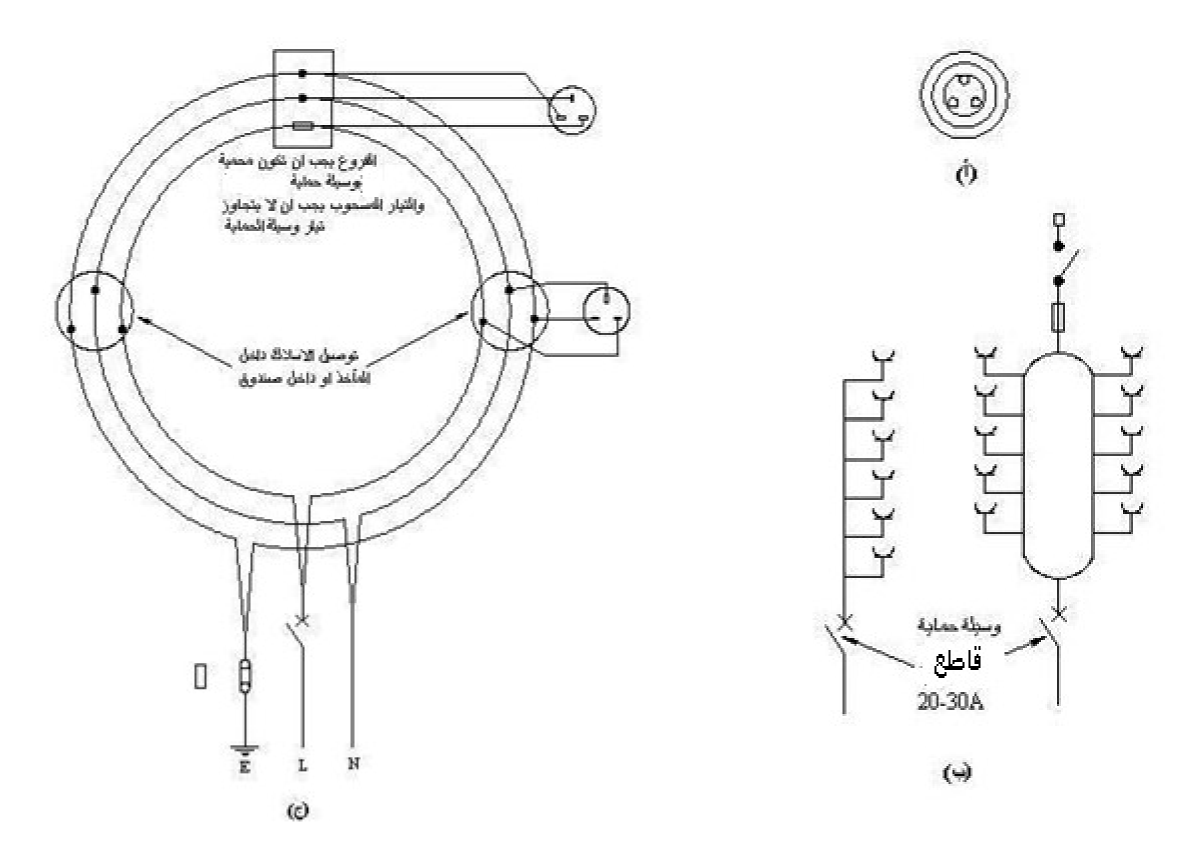
(أ) دائرة حلقية ذات فروع واجهزة ثابتة:

- يجب أن تكون سعة نقل التيار للسك الذي يشكل دائرة الحلقة لاتقل عن 67٪ من سعة وسيلة الحماية المستخدمة (سعة القاطع أو المصهر).

- أقل حجم ممكن إستخدامه للأسلاك في دائرة الحلقة هو 2.5 ملم^2 بعازل كلوريد متعدد الفنيل PVC ، أو 1.5 ملم^2 إذا كان العازل متعدد الأثلين المربوط بالتصالب XLPE أو عازل من نوع مطاط الأثلين بروبلين EPR محمي بوسيلة حماية مقررها 30 أو 32 أمبيراً .
- سلك الأرضي يجب أن يربط أيضا بشكل حلقة.
- تربط أسلاك الحلقة الذاهبة وأسلاك الحلقة الراجعة مع بعضها بوسيلة الحماية نفسها .

(ب) و (ج) دوائر شعاعية :

- يجب أن تكون سعة نقل التيار للأسلاك لا تقل عن سعة وسيلة الحماية.



الشكل (5-14) دوائر تستخدم مآخذ قدرة غير منزلية أحادية الطور وفق المواصفة البريطانية BS196.

(أ) شكل مآخذ القدرة Socket outlet .

(ب) دوائر شعاعيه وحلقية غير منزلية Non -domestic radial and ring circuits .

الملاحظات على الشكل (5-14) :

- يجب أن تكون سعة نقل التيار للاسلاك المستخدمة لا تقل عن 67٪ من سعة وسيلة الحماية.
- عدد وتقنين المآخذ يجب أن يختارا بحيث لا يتجاوز التحميل الكلي التيار المقنن لسعة وسيلة الحماية.

- قد تحتوي الدوائر الحلقية على أجهزة أو معدات محمية موقعياً أو ذاتياً بواسطة مصاهر أو مسيطر عليها بواسطة زر موقعي (Local Switch) أو قاطع دائرة تابع للجهاز نفسه.

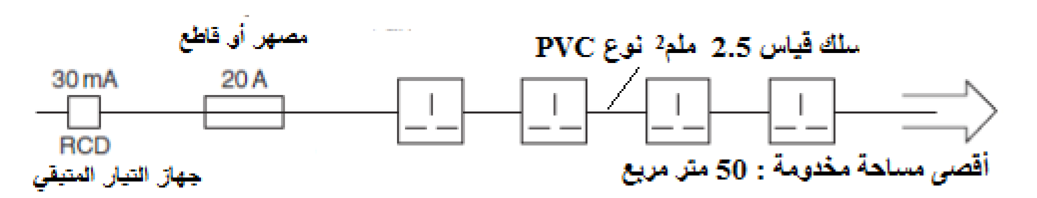
(ج) دائرة حلقية غير منزلية Non -domestic ring circuit

- يجب أن تبدأ دائرة الحلقة وتنتهي إلى قاطع الدائرة نفسه في لوحة التوزيع.
- يجب أن يكون سلك الأرضي مربوطا بشكل حلقة إلا إذا كان السلك داخل أنبوب معدني. عندئذ يجوز إستخدام الأنبوب نفسه كخط أرضي .

الجدول (5-1) الدوائر الشعاعية والحلقية التي تخدم المآخذ سعة 13 أمبير وفقا المواصفتين البريطانيتين BS196 و BS1363

نوع دائرة المآخذ	اصغر حجم للسلك النحاسي الناقل الواجب استخدامة للدائرة بعازل PVC	اصغر حجم للسلك النحاسي الناقل الواجب استخدامة للدائرة بعازل XLPE او EPR	تقنين قاطع الدائرة او المصهر المستخدم لحماية الدائرة	اقصى عدد من المآخذ عيار 13 امبير المسموح ربطها على الدائرة الواحدة
أ) دائرة شعاعية تخدم غرفة او غرفتين لا تزيد مساحتها الكلية عن 30 م^2 بأستثناء المطابخ	ملم^2 2.5	ملم^2 2.5	أمبير 20	(6) ستة مآخذ شرط أن لايكون احدها يغذي سخان ماء من اي حجم . او تخدم مساحة لا تزيد على 50 متر مربع
ب) دائرة حلقية تخدم غرف غير المذكورة في (أ) أعلاه	2.5 4	1.5 2.5	20 30	2 6
ج) دائرة حلقية ذات فروع تخدم اغراضاً منزلية	2.5	1.5	30	12 او تخدم مساحة لا تزيد على 100 متر مربع

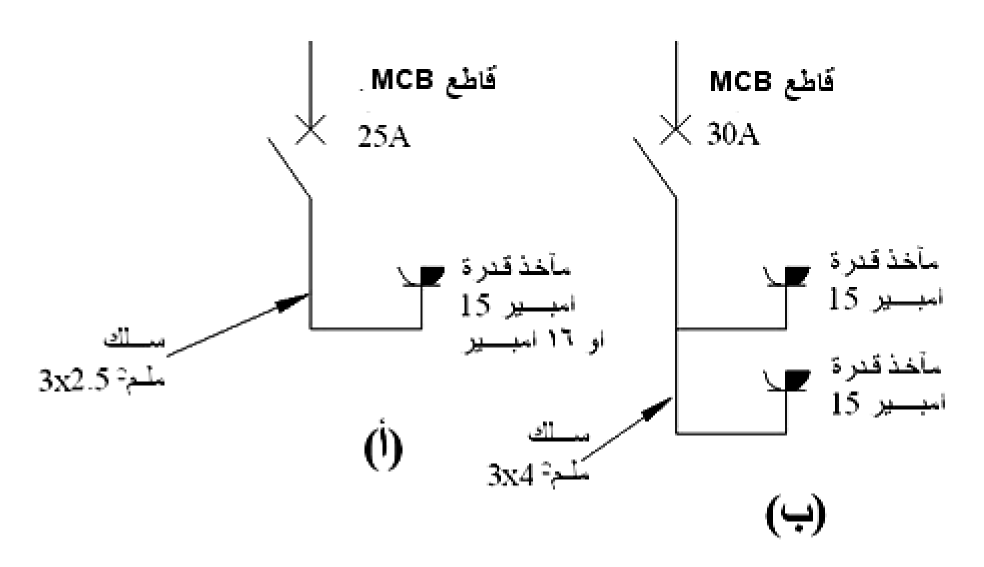
وتجدر الإشارة الى ان المواصفات البريطانية الحديثة (بعد سنة 2008) اوجبت استخدام جهاز الحماية للتيار المتبقي RCD في بداية كل دوائر المآخذ سواء كانت شعاعية أو حلقية كما في الشكل (5-15) ، وسنأتي على شرح فوائد جهاز الحماية هذا في الفصل الثامن .



الشكل (5-15) استخدام جهاز الحماية للتيار المتبقي RCD .

6-5 مآخذ القدرة ذات سعات 15 و16 أمبير أحادية الطور

تستخدم هذه المآخذ للأجهزة المتنقلة أو الثابتة التي تزيد أحمالها عن 1500 واط للجهاز الواحد ولحد 3300 واط . وتغذى عادة من دائرة واحدة خاصة بها في لوحة التوزيع النهائية . ويستخدم النظام البريطاني مآخذ سعة 15 أمبيراً بينما يستخدم النظام الأوربي (في ألمانيا وفرنسا ومعظم الدول الأوربية) نظام 16 أمبيراً للمآخذ . وتربط دوائر هذه المآخذ عادة بأسلاك لا يقل مقطعها العرضي (قياسها) عن 2.5 ملم^2 بعازل PVC ، ويستحسن إستخدام أسلاك قياس 4 ملم^2 إذا لم يكن المصمم يعرف بالضبط مواصفات الأجهزة التي سترتبط اليها . أما قاطع الدائرة المفضل إستخدامه لمآخذ 15 أمبير فهو 25 أمبير إذا كان السلك قياس 2.5 ملم^2 و 30 أمبير إذا كان السلك 4 ملم^2 ويبين الشكل (5-16) أسلوب ربط وحماية دوائر هذه المآخذ.ومن الجدير الإشارة أليه هو أن هذه الدوائر لا يطبق عليها عامل التباين وإذا تم تطبيقه فانه سيكون على مسؤولية المهندس المصمم حسب ما ورد ذكره في الفصل الأول في موضوع عامل التباين وتخمين الأحمال.



الشكل (5-16) دوائر ربط مآخذ سعة 15 أو 16 أمبير.

(أ) إستخدام دائرة واحدة محمية بقاطع دائرة 25 أمبير لمأخذ واحد سعة 15 أمبيراً أو16 أمبيرا.

(ب) جواز إستخدام مأخذين سعة كل منهما 15 أمبير بحماية قاطع واحد سعة 30 أمبيراً وبسلك قياس 4 ملم^2 شريطة أن يكون مكان المأخذين في الغرفة نفسها وخلافه يستخدم مأخذا واحدا فقط .

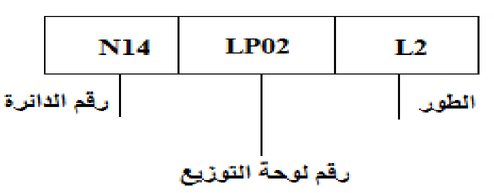
7-5 توزيع نقاط المآخذعلى الدوائر الكهربائية في المباني

يتم توزيع نقاط المآخذ داخل الغرف في المبنى حسب حاجة ووظيفة الغرفة ومساحتها كما ذكرنا مسبقا ، إلا انه يجب أن لايقل العدد عن مأخذين إثنين سعة 13 أمبيراً(أو أقل) لغرفة تصغر مساحتها عن 10 متر

مربع ، وأربعة مآخذ للغرف التي تكون مساحتها 20 متراً مربعاً أو أقل بقليل . أما بالنسبة للغرف الكبيرة فيتم وضع مأخذ واحد كل ثلاثة أمتار تقريبا وبحسب الحاجة . ثم يتم بعد ذلك توزيعها على الدوائر الكهربائية ضمن لوحات التوزيع النهائية التي سيرد ذكرها في الفصل السابع . أما مآخذ 15 أمبير فما فوق فيكون إختيار أعدادها وفق الحاجة ؛ فمثلا هناك غرف لاتدعو الحاجة الى إستخدامها نهائيا بينما تدعو الحاجة الى إستخدام أكثر من مأخذ في غرف أخرى تستخدم فيها إجهزة كهربائية تزيد قدرة كل منها عن 1000 واط .

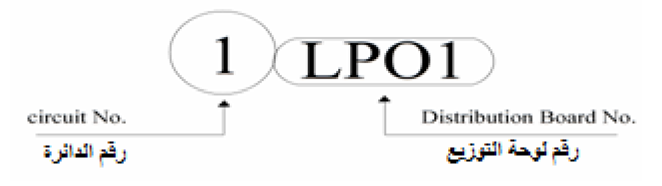
إن عدد نقاط المآخذ التي تربط الى دائرة كهربائية واحدة يعتمد على قدرة المأخذ المستخدم أو نوعه في المبنى . لكن بصورة عامة ، تربط أعداد من 6 إلى 8 مآخذ سعة 13 أمبيراً فما دون إلى دائرة واحدة (طور واحد -230 فولت) مستقلة محمية بقاطع MCB سعة 20 أمبيراً. كما يربط المأخذ سعة 15 أمبير أو 16 أمبير الى دائرة واحدة مستقلة وتتم حمايتها بقاطع ذي طور واحد إما سعة 25 أمبير أو 30 أمبيراً . وقد تكلمنا عن أساليب ربط المآخذ في الفقرات السابقة من هذا الفصل.

بخصوص المخططات الخاصة بتوزيع المآخذ فإن هناك عدة انظمة مستخدمة منها النظام الأوربي والنظام الدارج .والنظام الأوربي في التصميم يكون سهلا نسبيا وواضحا بالنسبة للمنفذ حيث يكون مختصرا ، لايعطي تفاصيل ربط المآخذ فيما بينها ويكتفي ببيان رقم الدائرة التي تربط اليها مجموعة المآخذ ضمن مساحة معينة (غرفة مثلا) ورقم لوحة التوزيع ورقم الطور فقط كما موضح في الشكل (5-17) الآتي :



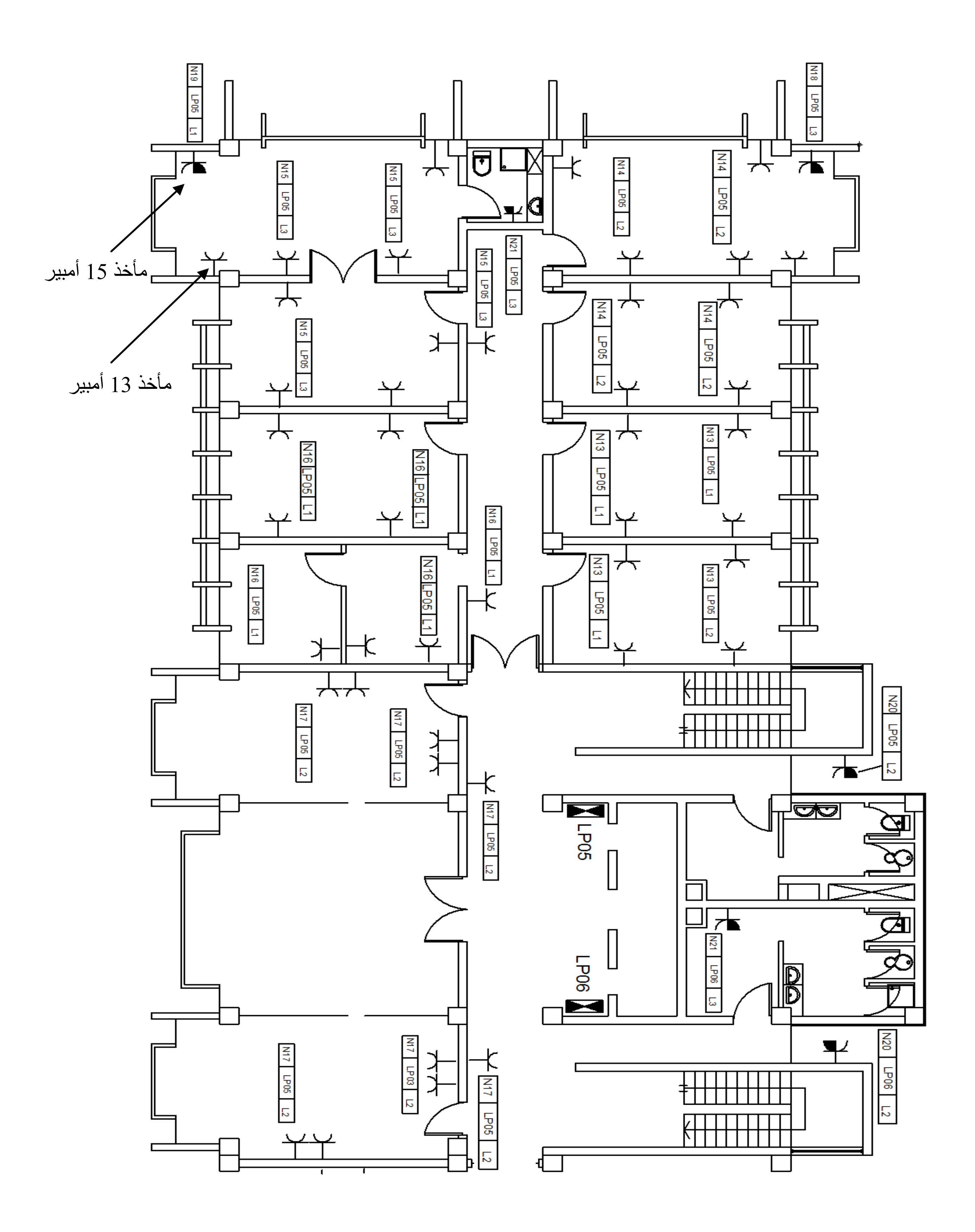
الشكل (5-17)

أما في النظام الدارج في التصميم يتم بيان ربط المآخذ فيما بينها وكذلك بيان رقم الدائرة الكهربائية في لوحة التوزيع حيث يوضع الرقم داخل دائرة تتصل بشكل مستطيل مدور الأركان أو بيضوي يشير الى رقم اللوحة كما موضح في الشكل (5-18) التالي :

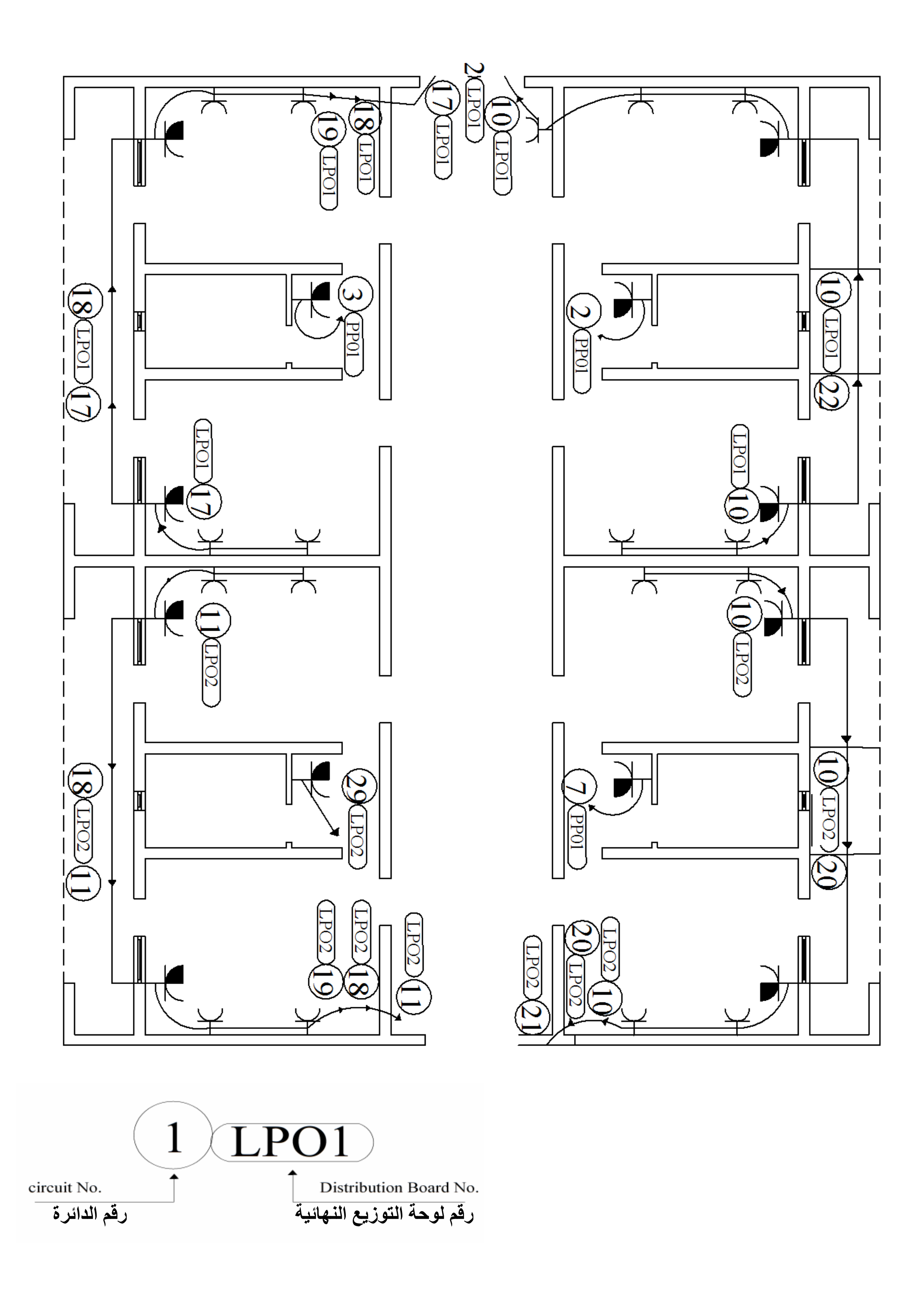


الشكل (5-18)

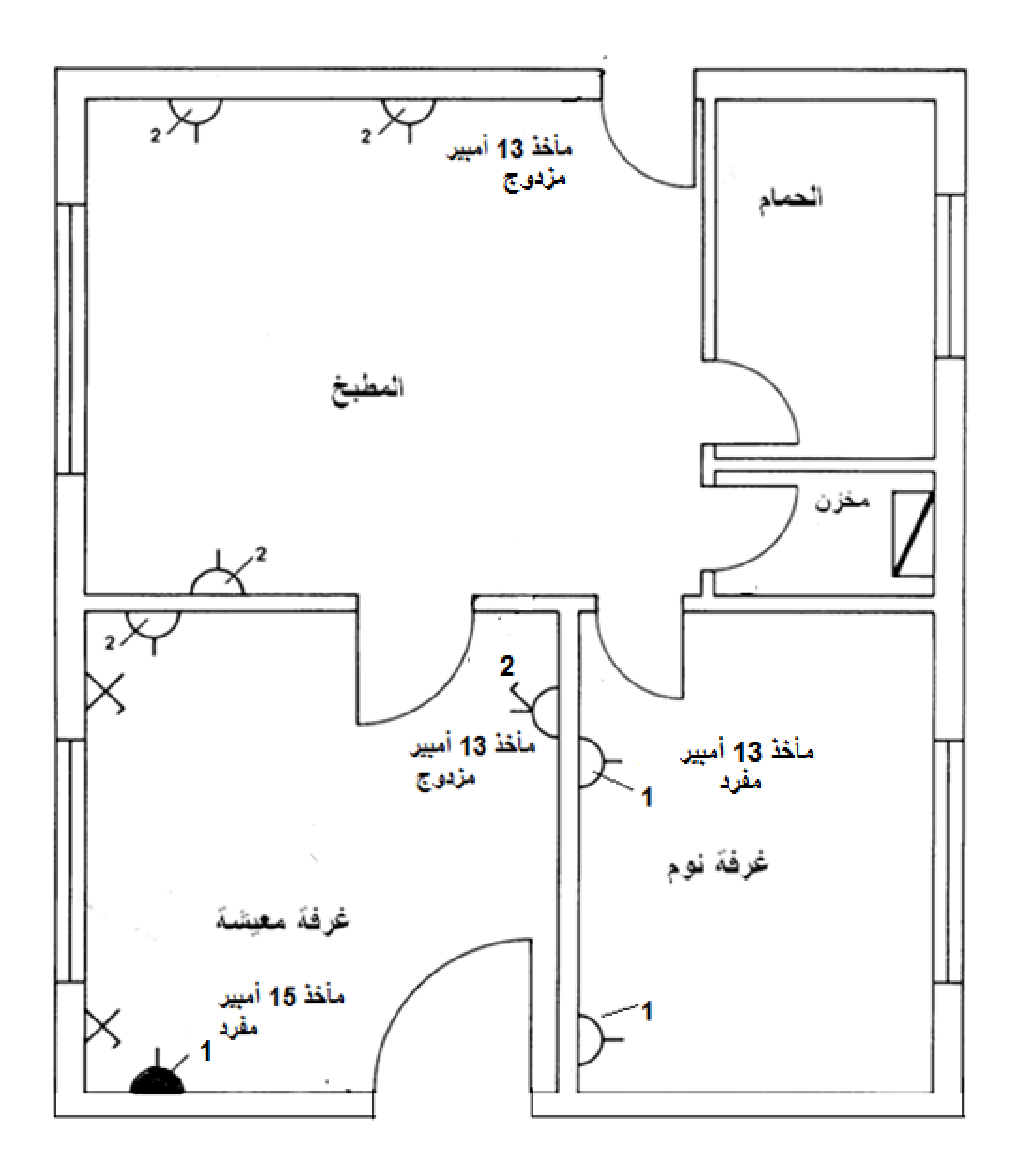
على أية حال توضح الأشكال (5-19) و(5-20) و(5 – 21) النموذج الأوربي والنموذج الدارج والنموذج البريطاني لتوزيع نقاط المآخذ الإعتيادية داخل الأبنية المكتبية والمنازل على التوالي .



الشكل (5-19) توزيع نقاط المآخذ حسب الطريقة الفرنسية (الأوربية) لجزء من طابق في بناية متعددة الطوابق حيث تشير المربعات المتلاصقة الى رقم الدائرة ورقم لوحة التوزيع النهائية ورقم الطورمن اليسار الى اليمين على التوالي .



الشكل (5-20) توزيع نقاط المآخذ حسب الطريقة الدارجة تبين فيه أسلوب الربط فيما بينها وكذلك توزيعها على الدوائر، حيث يشيرالرقم داخل الدائرة الى رقم الدائرة الكهربائية وتشيرالعبارة الموجودة داخل الشكل شبه البيضوي الى لوحة التوزيع النهائية .



الشكل (5-21) توزيع نقاط المآخذ حسب الطريقة البريطانية تبين فيه أسلوب الربط فيما بينها وكذلك توزيعها على الدوائر.

الفصل السادس
وسائل الحماية : المصاهر وقواطع الدائرة الكهربائية
Potective Devices : Fuses and Circuit Breakers

1-6مقدمة

تتعرض الأجهزة والمعدات والدوائر الكهربائية من خلال إشتغالها اليومي إلى إحتمالية الإضطراب والعطل نتيجة لعوامل عدة. لذا يجب أن تجهز الأجهزة والمعدات أو الدوائر المربوطة اليها بوسائل حماية (وقاية) مناسبة تقوم في الوقت المناسب وبسرعة بإزالة أو فصل ذلك العطل عن المنظومة الرئيسية لسببين رئيسيين:

1- تقليل التلف في نقطة العطل ومنع حدوث الحرائق والإنفجارات أو الإرتفاع المفرط لدرجات حرارة الإجهزة والمعدات المعرضة للعطل .

2- إستمرار تجهيز الطاقة الكهربائية للدوائر والأجهزة والمعدات الأخرى أو البناية وعدم قطعه بالكامل عن جميع مرافقها .

وتعرف الحماية الكهربائية بأنها العلم أو الفن الذي يبحث في إكتشاف وجود العطل والمبادرة في التشغيل الصحيح لوسائل الحماية سواء كانت قواطع دائرة أو مصاهر مصممة لهذا الغرض.

وقد أدى الأستخدام المتزايد للطاقة الكهربائية في مختلف مرافق الحياة إلى جعل وسائل الحماية في الأبنية والمنشأت ومنظومات القدرة والوثوق التام في اشتغالها من المسائل ذات الإهتمام الكبير. وبالنظر لوسع علم الحماية الكهربائية وتعدد أبوابه فإنه لابد أن نشرح وبإختصار وسائل الحماية المألوفة ومتطلباته بالنسبة للأبنية والمنشأت .

2-6 متطلبات منظومات الحماية

ينبغي أن تمتلك أية منظومة حماية المتطلبات الأساسية الآتية :

(1) سرعة الفعل والإستجابة — Speed

(2) الإنتقائية أو التمييز — Selectivity or discrimination

(3) الحساسية — Sensitivity

(4) الوثوقية (المعولية) — Reliability

(5) التكلفة القليلة — Cost

إن الفعل أو الإستجابة السريعة لفصل دائرة معرضة لعطل عن الأجزاء المكهربة الأخرى يقلل من كمية العطب ويساعد على إستمرارية تجهيز القدرة للأجزاء الاخرى .

ويقصد بالإنتقائية أو التمييز هو قابلية جهاز الحماية على إنتقاء (تمييز) العطل في منطقته ويقوم بفصله عن المنظومة وذلك بصهر أقرب مصهر أو فتح أقرب قاطع دائرة في المنطقة المحصورة بذلك العطل. أي أن وسيلة الحماية يجب أن لا تعمل لحماية أي عطل خارج نطاق منطقتها.

أما الحساسية فهي قدرة وسيلة الحماية للإستجابة للحالات غير الطبيعية حتى وإن كان تيار العطل صغيرا أو أن يكون التحميل بتيار يزيد عن التيار المقرر(المقنن) بقليل ، لكن وسيلة الحماية يجب أن تتحسس التيارات الكبيرة الناجمة عن قصر الدارة أو التيارات المفرطة بسرعة.

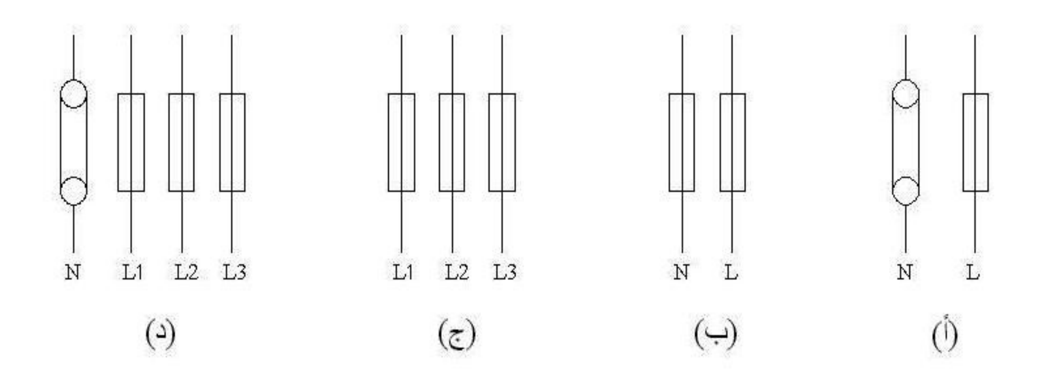
أما الوثوقية أو المعولية فيقصد بها أن تكون منظومة الحماية جاهزة للعمل عند الطلب وفي كل الأوقات مهما طال الزمن على عدم اشتغالها وفي اللحظة المناسبة . ويجب أن تمتاز وسيلة الحماية بسهولة التركيب وقلة العناصر المكونة لها ، وقد تؤثر عموماً أعمال الإدامة والفحوصات الدورية الجيدة على وثوقية وسيلة الحماية. كذلك يجب أن تكون أجهزة الحماية قلية الكلفة (من الناحية الإقتصادية) .

1-2-6 أسباب إستخدام الحماية وأنواعها

إن من أهم التأثيرات التي يحدثها التيار الكهربائي خلال مروره بسلك ناقل هو توليد الحرارة فيه إضافة الى قوى كهروميكانيكية وكهرومغناطيسية ، وتكون كمية الحرارة الناجمة في أي ظرف خاص معتمدة على قيمة التيار وزمن مروره. ففي حالة الكيبلات تعمل العوازل المحيطة بالاسلاك الناقلة على إمتصاص ومنع تسرب الحرارة مما يؤدي إلى زيادة درجة حرارة العازل نفسه . لذلك تصمم العوازل بحيث تتحمل درجات الحرارة الإعتيادية الذي يحررها التيار المقرر للسلك . أما إذا زادت قيمة التيار فإن الحرارة المفرطة سوف تؤدي إلى تلف العازل وعطب الأجهزة والمعدات الكهربائية أيضا . وقد تأتي هذه التيارات الزائدة أو المفرطة من التحميل الزائد Overloading أو أعطال قصر الدارة Short circuit faults أو من خلال عطل التسرب للأرض Earth Leakage ، لذلك يجب أن توضع وسيلة حماية مناسبة مثل قاطع دائرة أو مصهر لمنع هذه الحالات. وتسمى الحماية ضد هذه الأعطال عموماً بالحماية ضد التحميل الزائد وقصر الدارة Short circuit and Overload protection أو الحماية ضد عطل التأريض Earth fault protection. إن من أهم وسائل الحماية المستخدمة في الأبنية ضد هذه الأعطال هي المصاهر وقواطع الدائرة. أنظر الشكل (6-1) للحماية بالمصاهر والشكل (6-2) للحماية بقواطع الدائرة للفولتية المنخفضة .

2-2-6 الحماية الأساسية والحماية الساندة Primary and Back-up Protection

لغرض الحصول على وثوقية عالية في منظومات الحماية وكذلك تحسين سرعة ومرونة فعل الأجهزة الحمائية ، فإن أجزاء منظومة القدرة الكهربائية تجهز بحماية ساندة (Back-up Protection)



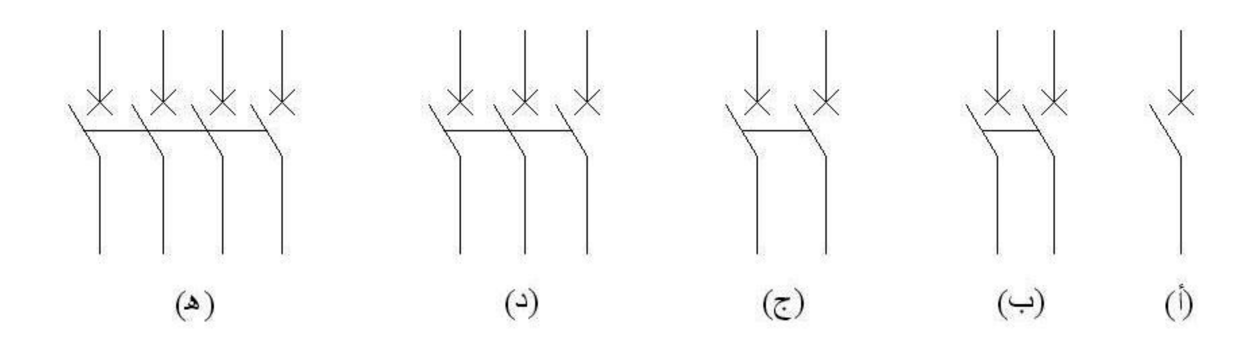
الشكل (6-1) حماية ضد التيار الزائد بأستخدام المصاهر

(أ) مصهراحادي القطب Single – pole fuse

(ب) مصهرثنائي القطب Double - pole fuse

(ج) مصهر ثلاثي القطب Triple – pole fuse (لمنظومة ثلاثية الطور- ثلاثية السلك).

(د) مصهرثلاثي القطب Triple – pole fuse (لمنظومة ثلاثية الطور- رباعية السلك).



الشكل (6-2) حماية ضد التيار الزائد بأستخدام قواطع الدائرة المصغرة MCB .

(أ) قاطع دائرة أحادي القطب مزود بوسيلة إعتاق حرارية – مغناطيسية واحدة Single-pole.

(ب) قاطع دائرة أحادي القطب + المحايد مزود بوسيلة إعتاق حرارية – مغناطيسية واحدة - Single - pole +neutral

(ج) قاطع دائرة ثنائي القطب مزود بوسيلتين للإعتاق حرارية + مغناطيسية Double – pole

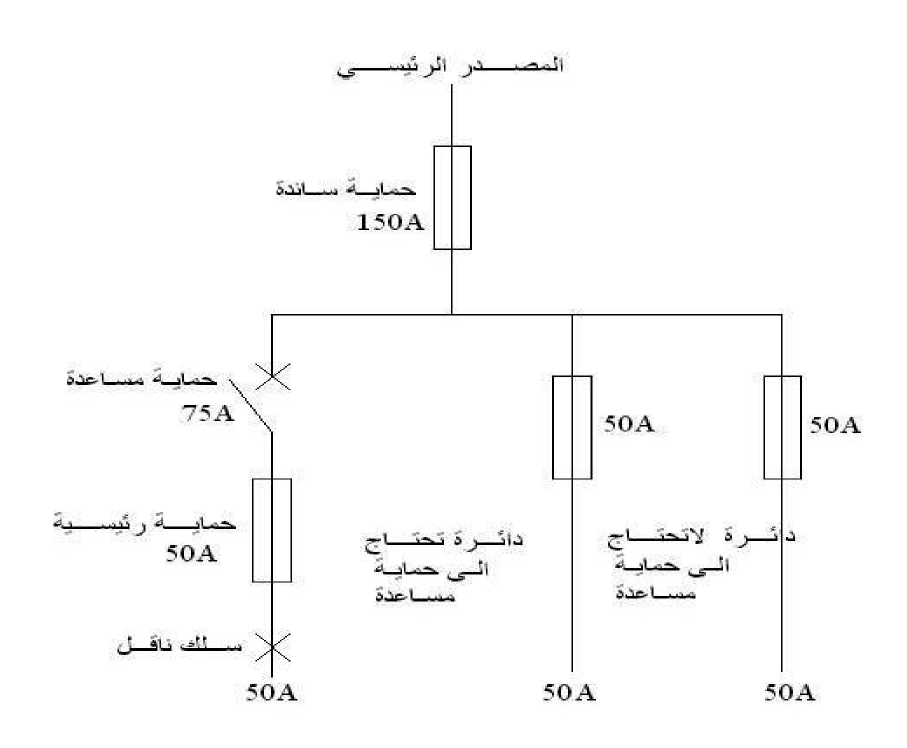
(د) قاطع دائرة ثلاثي القطب مزود بثلاث وسائل إعتاق حرارية + مغناطيسية Three –pole

(هـ) قاطع دائرة رباعي القطب مزود بأربع وسائل إعتاق حرارية+ مغناطيسية Four –pole

إضافة للحماية الأساسية Primary Protection التي تحمي الجزء من المنظومة أو المعدّة (ولا يقصد هنا الحماية الرئيسية للمنظومة نفسها). وبما أن الحماية الأساسية يجب أن تشتغل آنياً عند حدوث

عطل فإن الحماية الساندة (وهي منظومة حماية ثانوية يكون زمن عملها أبطأ من زمن عمل الحماية الأساسية) تقوم بالحماية عندما تفشل الحماية الأساسية عن أداء عملها لسبب أو لآخر،حيث يكون تنظيم زمن الحماية الساندة أكبر عادة من زمن الحماية الأساسية عندما يكون التمييز بالزمن أو ان تكون سعة تيارها أكبر عندما يكون التمييز بالتياركما سيأتي شرح التمييز بالزمن أو بالتيار أو كليهما في الفقرات القادمة.

أما الحماية المساعدة فتستخدم لتعجيل تشغيل الحماية الأساسية (الرئيسية) خلال الأعطال ضمن المنطقة المحيطة ذاتها وتسند اليها عادة أغراض الحماية عندما تفشل أجهزة الحماية الأساسية في إزالة العطل ويتم اختيار نوع الحماية المساعدة بحيث تكون أبطأ بقليل من الحماية الأساسية كأن تكون قاطع دائرة يسند مصهر لحماية دائرة معينة كدائرة محرك كهربائي مثلا ، أنظر الشكل (6-3).



الشكل (6-3) مصهر 50A يعمل كحماية أساسية رئيسية مزود بحماية مساعدة وحماية ساندة.

هذا الخليط من أجهزة الحماية سيؤدي إلى إشتغال المصهرقبل قاطع دائرة في حالات عطل قصر الدارة الكبير.وتستخدم هذه الأنواع من الحماية مجتمعة لأسباب فنية خاصة وليست عامة ولا يقصد بها هنا هي الانتقائية أو التمييز،إذ أن الزمن هنا لايدخل في عين الإعتبار بقدر ما يدخل فيها تيار الفعل (التيار الزائد) . ولأجل فهم أجهزة الحماية المتمثلة بالمصاهر وقواطع الدائرة سوف نشرح في الفقرات التالية نبائط أو وسائل الحماية هذه وأنواعها وأسلوب عملها وكيفية إختيارها لحماية الدوائر الكهربائية.

3-6 المصاهر Fuses

تتخلل المصاهر (وتسمى في بعض المراجع العربية بالفواصم) الدوائر الكهربائية بصورة عامة لغرض حمايتها من التيارات المفرطة وأعطال الدارة القصيرة. وتستخدم المصاهر أيضا في فتح وتوصيل Switching الدوائر حيث تربط بعض أنواعها على التوالي مع مفاتيح كهربائية سكينية في حاوية واحدة (fuse - switch) أوحاويتين منفصلتين (switch +fuse). وتعرف المواصفات القياسية البريطانية للمعدات الكهربائية الخاصة بالأبنية المصهر بوصفه (وسيلة لفتح دائرة كهربائية معينة بواسطة عنصر منصهر مصمم لكي يذوب عندما يمر تيار زائد خلال الدائرة). ويتألف المصهر بصورة عامة من جزئيين رئيسيين هما قاعدة المصهر (fuse-base) ، وعنصر المصهر (fuse-element) ومجموعة من نقاط توصيل (الملامسات contacts) التي يرتبط العنصر المنصهر فيما بينها. وقد تأخذ قاعدة المصهر الشكل الأنبوبي أو حامل لمسك العنصر المنصهر وعزله عن جسم المصهر نفسه كهربائياً. إضافة لذلك قد تحتوي أنواع عديدة من المصاهر على وسائل لإطفاء القوس الكهربائي الذي يظهر عند انصهار عنصر المصهر.

يعد المصهر أقدم وأبسط وسيلة للحماية استخدمت منذ بداية التطور التكنولوجي لإنتاج الطاقة الكهربائية على النطاق التجاري لما يمتاز به من سهولة التصميم وصغر الحجم ورخص الثمن وقلة الإدامة مقارنة مع وسائل الحماية الأخرى. وتستخدم المصاهر عموماً في دوائر الفولتية المنخفضة ولحد 1000 فولت وفي التمديدات الكهربائية ذات الفولتية العالية 11-33 كيلو فولت ، وقلما تستخدم المصاهر لفولتيات عالية أكبر من 33 كيلو فولت.

أما استخدامها في منظومات القدرة فتستعمل لحماية المغذيات الشعاعية ذات القدرة المنخفضة ومحولات المحطات الثانوية الصغيرة والمحركات الكهربائية ومحولات التيار والفولتية المستخدمة في المرحلات (Relays) الخاصة بأجهزة الحماية. وتستخدم أيضاً في لوحات التوزيع في الأبنية الكبيرة والمنازل. وتقسم المصاهر من حيث الوظيفة إلى مجموعتين:

1- مصاهر القطع Cut-out fuses

2- مصاهر الامان Safety fuses

تمتاز مصاهر القطع بالإستجابة السريعة لقطع الدوائر في الحالات غير الإعتيادية وتحدد سعات تحميل الخطوط ضرورة إستعمالها ، فمثلا تستعمل لحماية خط تغذية ذي مقطع عرضي صغير إذا أريد ربطه مع خط آخر ذي تحميل عال . أما مصاهر الأمان فإن زمن القطع يعتمد على التيار المار فيها وعند الموقع الذي يراد وضع المصهر عنده، أي أنها تعتمد على خصائص علاقة التيار مع الزمن لعنصر المصهر.

1-3-6 فعل الإنصهار أو القطع للمصاهر

عندما يزداد التيار المار في دائرة معينه محمية بمصهر بحيث يصل إلى قيمة محددة ، آنئذ سوف يتعرض عنصر المصهر لعملية تسخين حرارية مستمرة إلى أن يصل لنقطة الذوبان الخاصة بالمعدن المصنوع منه العنصر المنصهرنفسه ، عندئذ يحدث فعل الانصهار (القطع) ، مما يؤدي الى فصل الحمل المفرط او قصم تيار قصر الدارة، أي الحالتين تحدث. وكلما كان التيار المار خلال المصهر كبيراً إنصهر عنصر المصهر بسرعة لغرض فصل الدائرة وحمايتها.

ويجب أن نميز بين التيار المقنن للمصهر نفسه وبين التيار المقنن لعنصر المصهر المستخدم فيه. إن التيار المقنن للمصهر يدل على سعة حمل التيار للمصهر نفسه ونقاط توصيله وأجزاءه الأخرى ، بينما يمثل التيار المقنن لعنصر المصهر التيار الذي يستطيع ذلك العنصر حمله بدون أن ينصهر وبصورة مستمرة. وتعرف المواصفتان القياسيتان البريطانيتان (BS.88) و (BS.3036) قيمة التيار المقنن للمصهر كونها تلك القيمة التي تكون أقل من قيمة التيار الأدنى للصهر الذي يستطيع المصهر وعنصره المنصهر معه أن يحملاه بصورة مستمرة بدون تعريض خواصهما للتدهور. وتثبت قيمة التيارالمقرر(المقنن) للمصهر عادة من قبل المصنعين انفسهم.

يعتمد الزمن الذي يستغرقه العنصر المنصهر لكي يذوب على حالة نقاط التوصيل للمصهر وكذلك على العنصر المنصهر نفسه. فإذا كانت سطوح نقاط التوصيل (الملامسات) مثبته بصورة رديئة أو مغطاة بطبقة من الأوكسيد ، وكذلك إذا كانت لوالب تثبيت هذه الملامسات مرتخية فإن المقاومة العالية التي تنشأ عن ذلك سوف تؤدي إلى تسخين الملامسات وبالتالي تسخين المصهركله وخاصة عنصر المصهر. إن الحرارة الزائدة سوف تؤدي إلى صهر العنصر حتى وإن كان التيار المار خلاله أقل من القيمة المقننة له. وقد يحدث هذا الفعل أيضاً إذا كانت درجة الحرارة المحيطة بالمصهر كبيرة. وكذلك إذا كان معدن عنصر المصهر قد مضى عليه زمن طويل في الخدمة ، حيث يؤدي ذلك إلى ضمور في مساحة المقطع العرضي لعنصر المصهر بمرور الوقت بسبب التأكسد المستمر. وهذا التأثير يظهر بشدة عندما يتعرض عنصر المصهر لحرارة مفرطة بصورة متكررة خلال فترة عمله. ويعتمد زمن قطع الدائرة لمصهر معين على عاملين:

الأول هو نوع المادة المعدنية المصنوع منها عنصر المصهر ، والثاني هو الوسيلة أو الطريقة المستخدمة لإطفاء القوس الكهربائي الناجم عن فعل القصم أو الفصم. حيث أنه كلما كانت طريقة إطفاء القوس فعالة وجيدة كانت سعة فصم التيار للمصهر كبيرة. ويسمى أكبر تيار يمكن للمصهر فصمه بدون التأثير على كيانه ، بعد أن يتم إبدال عنصر المصهر واعادته للخدمة، بتيار الفصم الأعظم أو سعة فصم التيار القصوى للمصهر. وإذا حدث أن مر تيار في المصهر يزيد عن سعته المقننة في الدائرة المراد

حمايتها بواسطته فإن ذلك يؤدي إلى إنهيار المصهر أو حدوث شرر عرضي (Cross Sparking) فيه أو قصر دارة مع الطور المجاور.

وقد يتم إبدال هذه العناصر بأخرى ليست ملائمة من حيث السعة التي صمم عليها المصهر ، وهذا ما يحدث كثيراً من قبل العاملين غير الماهرين أو الأشخاص الذين ليست لديهم خبرة جيدة مما يؤدي الى عدم تجاوب المصهر مع سعة القطع المقررة له وبالتالي إلى قطع المغذيات الرئيسية بدلاً من المغذيات الثانوية المربوط اليها ذلك المصهر . أو قطع المصدر الرئيسي المربوط اليه المغذيات السليمة (غير المعرضة للعطل) أيضاً.

وتصنع عناصر المصهر عادة من معدن الرصاص أو سبيكة الرصاص والقصدير ، وكذلك يصنع من الخارصين أوالألمنيوم أو النحاس أو الفضة أو من معادن أخرى. ويمتلك الرصاص درجة انصهار واطئة نسبياً حوالي 327C° ، أما سبيكة الرصاص- القصدير فلها درجة انصهار حوالي 200C° ، ودرجة انصهار الخارصين تبلغ حوالي 420C° . وهذه المعادن جميعها لها موصلية كهربائية منخفضة، لذلك فأن مساحة المقطع العرضي لها تكون كبيرة نسبيا. وتستخدم هذه الأنواع من عناصر المصهر عادة ضمن فولتيات لا تتعدى 500 فولت . ويعتبر عنصر المصهر المصنوع من الخارصين أفضل من ذلك المصنوع من الرصاص لعدم تعرضه إلى التأكسد في الهواء ، لذا فأنه يحافظ على خواصه لفترة زمنية أطول. وتعد الموصلات المصنوعة من النحاس والفضة من أفضل النواقل للتيار ، إلا أن درجة إنصهارها عالية (1080C°) و (960C°) على التوالي. ويمتاز العنصر المصنوع من هذه المعادن بصغر مساحة مقطعه العرضي. ويستخدم عنصر المصهر النحاسي بصورة كبيرة في المصاهر العاملة ضمن فولتيات لحد 1000 فولت. أما العناصر المصنوعة من الفضة فإن استخدامها محدود جداً بسبب كلفتها العالية. إلا أن العنصر المصنوع من النحاس المطلي بالفضة يستخدم على نطاق كبير خاصة في الأماكن التي تتطلب عناصر منصهرة لها مساحة مقطع عرضي صغيرة. والطلاء الفضي يمنع اكسدة النحاس وبذلك يطيل عمره ويمنع تأثير تقادم الزمن عليه.

أما العناصر المصنوعة كلياً من النحاس فلها خاصية خطرة تكمن في حاجتها الى درجة حرارة عالية لغرض انصهارها ، حيث أنه عندما يمر تيار بصورة مستمرة في المصهر تقارب قيمته للقيمة التي ينصهر فيها العنصر النحاسي ويستمر في العمل لفترة غير محدودة عند درجة حرارة عالية قد تقرب من (900C°) أو أكثر بدون أن ينصهر،فإن فعل التسخين لفترة طويلة يؤدي إلى إرتفاع مفرط في درجة حرارة نقاط التوصيل للمصهر وبدنه بصورة خاصة في حالات المصاهر المحكمة الغلق Totally enclosed ويتعرض إلى الإنهيارالتام. لهذا السبب فإن المصاهر المحكمة الغلق الحديثة التي تستخدم العناصر النحاسية تجهز بوسائل لتقليل درجة حرارة الإنصهار للعنصر نفسه . ومن أسهل هذه الطرق واغلبها استعمالاً هي وضع مسيل معدني بهيئة كريات صغيرة من الرصاص أو القصدير

بمحاذاة العنصر النحاسي. فعندما تصل درجة حرارة العنصر إلى درجة إنصهار الرصاص أو القصدير تنصهر هذه الكريات وتعمل على إذابة المعدن ذي درجة الذوبان الأعلى المتكون منه العنصر مسببة في حرقه في الأماكن التي تلامسه. حينئذ يصهر القوس الكهربائي المتولد عنصر المصهر على طوله كله. على هذا الأساس فإن استخدام المسيلات المعدنية يجعل من الممكن صناعة عناصر المصاهر بمقاطع عرضية صغيرة قادرة على الإنصهار بدرجة حرارة تتجاوز بقليل درجة إنصهار الرصاص أو القصدير ، بذلك يتم تجاوز أية خطورة قد تنجم عن إرتفاع درجات الحرارة بصورة مفرطة في الملامسات والأجزاء الأخرى من مكونات المصهر خلال فترات التحميل المفرط الطويلة. ويبين الجدول (6-1) بعض المعادن المستخدمة في صناعة عناصر المصاهر ودرجات حرارة إنصهارها.

جدول (6-1)

المعدن	المقاومة النوعية (أوم- م)	درجة حرارة الإنصهار C^o (درجة مئوية)
القصدير	$11x10^{-4}$	231.85
الخارصين (الزنك)	$6\ x10^{-4}$	419
الرصاص	$21.7\ x10^{-4}$	327
النحاس	$1.66\ x10^{-4}$	1084
الفضة	$1.557\ x10^{-4}$	960.5
الالمنيوم	$2.788\ x10^{-4}$	1004

6-3-2 تيار الحمل ، التيار المقنن للمصهر ، التيار الأدنى للمصهر

إن من أكبر مساوئ المصاهر هي حاجتها لإبدال عنصرها المنصهر بآخر جديد بعد عملها لمرة واحدة. ولما كان إستخدامها معتمداً على تيار الحمل للدائرة المراد حمايتها ، فإن المصهر يجب أن يكون قادرا على تحمل تيار الحمل الإسمي Nominal load current للدائرة بصورة مستمرة ، لذلك يجب أن يكون تقنينه في الأقل بقدر تيار الحمل التام Full load current. أما تيار الصهر الفعلي فيتراوح بين 1.25 الى 1.5 مرة بقدر التيار المقنن للمصهر نفسه. هذا المستوى من التيار يؤدي الى صهر العنصر المنصهر بين ساعة واحدة إلى أربع ساعات إعتماداً على سعة المصهر (يطلق على هذا الزمن بالزمن الإصطلاحي ويكون ساعة واحدة للمصهر من 60 أمبير فما دون) ، أما إذا كانت المصاهر أكبر من 60 أمبير فيكون زمنها الإصطلاحي أربع ساعات بموجب المواصفة القياسية البريطانية BS-88 (الجزء الثاني). وتقضي هذه المواصفة بأن سلك المصهر يجب أن ينصهر بتيار مقداره 1.6 بقدر التيار المقنن للمصهر وليس 1.25. وفي حالة كون الدائرة الكهربائية لها خواص سعوية capacitive مثل دوائر تعديل عوامل القدرة أو تراكيب إنارة تستخدم مصابيح الفلورسنت عندئذ يجب إستخدام مصهر بتقنين لايقل 1.5 مرة بقدر تيار الحمل التام بسبب التيار الابتدائي الإندفاعي العالي الذي يحدث نتيجة

لشحن المتسعات . أما إذا إستخدمت المصاهر بصفة حماية ساندة Backup protection فقد يصل هذا الرقم الى 2.5 ، لذلك من الضروري فهم الفرق بين التيار المقنن للمصهر وبين تيار إنصهار عنصر المصهر نفسه ، حيث يعرف هذان التياران بموجب الأنظمة البريطانية للمعدات الكهربائية الخاصة بالأبنية كما يأتي:

التيار المقنن للمصهر: هو ذلك التيار الذي يحمله عنصر المصهر بإستمرار بدون أن ينصهر أو أن تتدهور خواصه الأساسية.

التيار الأدنى المقنن للصهر: هو أقل تيار ينصهر عنده عنصر المصهر خلال زمن معين. ويتراوح هذا التيار بين 1.25 الى 2.5 مرة بقدر التيار المقنن للمصهر . أما العلاقة التي تربط بين التيار المقنن والتيار الادنى المقنن للصهر فتسمى بعامل الصهر Fusing factor حيث :

$$\text{عامل الصهر} = \frac{\text{التيار الأدنى المقنن للصهر}}{\text{التيار المقنن للمصهر}}$$

في الغالب يتم تثبيت التيار المقنن للمصاهر من قبل الشركات الصانعة على جسم المصهر وليس التيار الأدنى المقنن للصهر أو عامل الصهر السالف.

3-3-6 تصنيف المصاهر

ليس هناك نظاماً موحدا يصنف المصاهر المنتجة في دول متعددة من العالم ، لذلك تعتمد كل دولة أو أكثر التصنيف الذي يخضع لمواصفاتها القياسية المحلية ، وبما أن معظم بلدان العالم الثالث تعتمد المواصفات القياسية البريطانية B.S.S وكذلك المواصفات القياسية الالمانية VDE (المستخدمة ايضاً في شمال اوربا) ، فسوف نتطرق إلى تصنيف المصاهر وفق هذين النظامين لتوخي الفائدة ، أما التصنيف وفق المواصفات القياسية الأميركية .A.S.S فسوف نتطرق اليه بأختصار لعدم جدوى إستخدام المصاهر الاميركية في معظم الدول العربية ذلك لأن تقنين الفولتية والتردد في الولايات المتحدة هما 110 فولت و60 هيرتز على التوالي بالنسبة لفولتية الخدمة المنخفضة . أما النظام الدولي IEC فهو قريب جداً من النظام البريطاني كما سنورد ذكره لاحقاً.

بصورة عامة تصنف المصاهر بموجب المواصفات القياسية البريطانية إعتماداً على عامل الصهر الذي مر ذكره في الفقرة السالفة إلى أربعة أصناف كالاتي:

مصاهر الصنف (P) : وهذه لها عامل صهر 1.25 أو أقل ، وتعطي حماية للدوائر التي لا يمكن لها أن تتحمل التحميل الزائد Overloading حتى ولو لفترة قصيرة جداً .

مصاهر الصنف (Q) : وتستخدم للدوائر التي تتحمل التحميل المفرط الصغير ولكنها تعطي حماية تامة للتحميل المفرط الكبير وتكون على نوعين :

الصنف (Q_1) : يتراوح عامل الصهر لهذا النوع من 1.25 إلى 1.5

الصنف (Q_2) : يكون عامل الصهر لهذا النوع بين 1.5 إلى 1.75

مصاهر الصنف (R) : وهذه المصاهر لها عامل صهر يتراوح بين 1.75 -2.5 وتؤمن حماية للدوائر ضد التيارات المفرطة الكبيرة نسبياً فقط. وتستخدم بصورة رئيسية بصفة حماية ساندة في الحالات التي تكون الحماية الأساسية مؤمنة بوساطة وسائل أخرى مثل قواطع الدائرة أو وسائل الإفلات الخاصة بالمحركات الكهربائية. ويعطي المصهر حماية محكمة Close protection إذا كان عامل إنصهاره أقل من 1.5 ويكون هذا المصهر من الصنف (P) أو الصنف (Q_1). أما المصهر الذي يعطي حماية غير محكمة (رديئة الصنف Coarse protection) فيكون عامل انصهاره أكبر من 1.5، أي أنه من الصنفين (Q_2) و (R) .

ويقابل الأصناف الثلاثة P و Q و R السالفة ثلاثة أصناف رئيسية في النظام الألماني (DIN) حيث تكون وفقاً للمواصفات القياسية الألمانية VDE0636 و VDE0660 ، الصنف (gL) والصنف (gT) والصنف (gI) على التوالي ، وتقارب قيم عوامل الإنصهار تلك التي تستخدم في المواصفات القياسية البريطانية. إضافة لذلك قد تقسم بعض الشركات المصنعة في ألمانيا وإيطاليا والدول الإسكندونافية المصاهر إلى ستة أحجام وفقاً للتيار المقنن واستناداً على عوامل الصهر ، حيث تبدأ بالحجم (00) لتيار 6 أمبير وتنتهي بالحجم 4 لتيار 1250 أمبير.

أما في الولايات المتحدة فتقسم المصاهر إلى ثلاثة اصناف هي H و K و RK تقسيماً يقارب بالاساس التقسيم البريطاني إلا أنه يختلف بتقنيات الفولتية.

ويصنف النظام الدولي IEC المصاهر الى نوعين أساسيين وكما يأتي:

1.المصاهر التي تستخدم للاغراض المنزلية أو العامة وتكون من النوع الأنبوبي Cartridge type بتقنين لحد 100 أمبير يرمز لها بالاحرف (gG) وفقا للمواصفة IEC 269-3 .

2.المصاهر التي تستخدم للاغراض الصناعية وهي :

* مصاهر الاستخدامات العامة gG .

* مصاهر لحماية المحركات gM و aM , وفقا للمواصفة IEC 269-1 .

الفرق الأساسي بين مصاهر الاغراض المنزلية ومصاهر الأغراض الصناعية هو الفولتية الاسمية Nominal voltage ومستويات التيار Current levels وكلاهما يتطلب أبعادا فيزيائية كبيرة (حجم المصهر) وكذلك القابلية على تحمل تيار قصر الدارة.

إن المصهر الحديث gM الذي تم اعتماده في السنين الأخيرة لحماية المحركات مصمم ليغطي تيار البدء وتيارات قصر الدارة كليهما ، حيث يكثر استخدامه في قسم من البلدان, ولكن في الوقت الحاضر

فان المصهر نوع aM سوية مع مرحل حراري ضد تجاوز الحمل هو الأكثر استخداما في معظم البلدان.

4-3-6 أنواع المصاهر Type of Fuses

من الصعوبة بمكان الإحاطة التامة بأنواع المصاهر المستخدمة في المجال الصناعي العالمي في هذا المضمار، إلا أنه سوف نقوم بعرض الأنواع الرئيسية منها قدر الإمكان. ويجب إحاطة القارئ علماً بأن أي نوع من المصاهر يتم تصميمه للإيفاء بغرض معين يكون مختلفاً إختلافاً كبيراً عن تصميم مصهر آخر يصمم لغرض ثان ، وأن أية محاولة للإستعاضة عن أي نوع معين بآخر يجب أن لاتتم بدون التبصر بالعواقب الوخيمة والمخاطر التي قد تنجم عن هذا الإبدال. على أية حال ، قد تمنع حالات الإستعاضة هذه ذاتياً بتصميم المصاهر وقواعدها أو حواملها ، كأن تنتج قواعد معينة لإحتواء الأنواع الملائمة من المصاهر أو تنتج المصاهر نفسها بأشكال وأحجام مختلفة لمنع عملية إبدالها بأخرى غير ملائمة. وفي العموم فإن الأنواع الرئيسية للمصاهر هي :

أ- المصاهر شبه المغلقة القابلة على إعادة التسليك Semi-Enclosed Rewireable Fuses

ب- المصاهر الإنبوبية الصغيرة للفولتية المنخفضة والمصاهر ذات سعة القطع العالية
L.V. Small Cartridge Fuse and High Rupturing Capacity (H.R.C) Fuses

ج- المصاهر ذات التأخير الزمني Time-Delay Fuses

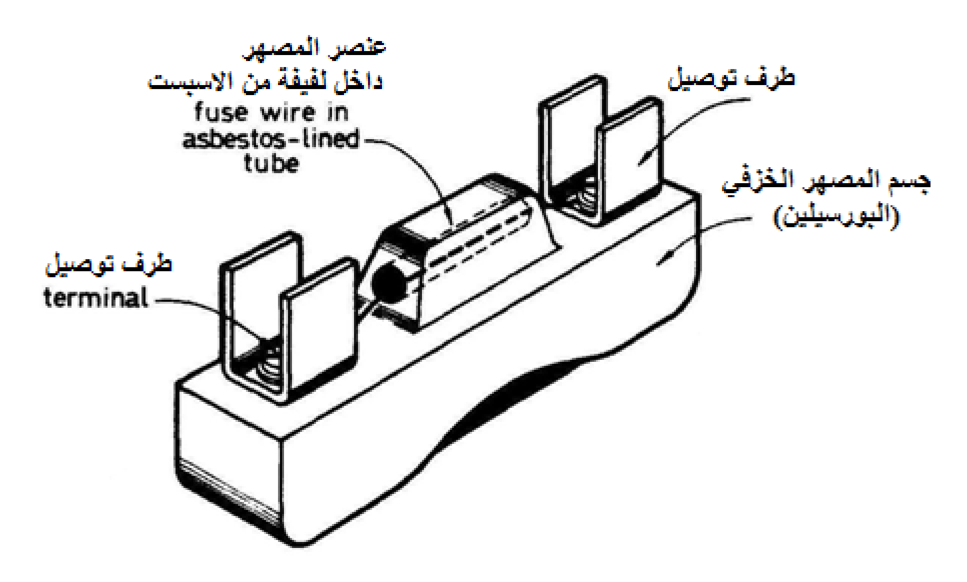
د- المصاهر ذات سعة القطع العالية للفولتيات العالية H.V. H.R.C Cartridge Fuse

وسوف نناقش في البنود التالية كل نوع من الأنواع الأربعة الواردة في أعلاه على حدة.

(1) المصاهر شبه المغلقة القابلة على إعادة التسليك

تتألف هذه الأنواع من المصاهر من عنصر (سلك) منصهر متكون من سلك واحد أو أكثر يربط بين طرفين موصلين (ملامسات) من النحاس مثبتيين على حامل من الخزف (البورسلين) كما مبين في الشكل(6-4) . وفي الغالب يثقب هذا الحامل الخزفي لكي يمر العنصر المنصهر خلال الثقب بعد ملئه بمادة الأسبست المقاومة للحرارة. وقد تستخدم مواد عازلة أخرى بدل الخزف كالأبونايت والسيراميك والطين الصيني الأبيض المفخور بصورة جيدة . وبسب عدم الغلق التام في بنية المصهر ، يتعرض العنصر المنصهر نفسه إلى التدهور في خواصه بسب الأكسدة الناتجة عن التسخين المستمرعند حمله للتيار .

على هذا الأساس فإن تيار الصهر لهذه الانواع من المصاهر يتغير من وقت لآخر ولا يكون ثابتاً على الدوام. ويعمل الهواء الملامس لسطح العنصر على تبريده وأكسدته بمرور الوقت عند مرور تيار فيه بصورة مستمرة، وبذلك يزيد من قيمة تيار الصهر. لذا يكون هذا النوع من المصاهر غير معول عليه

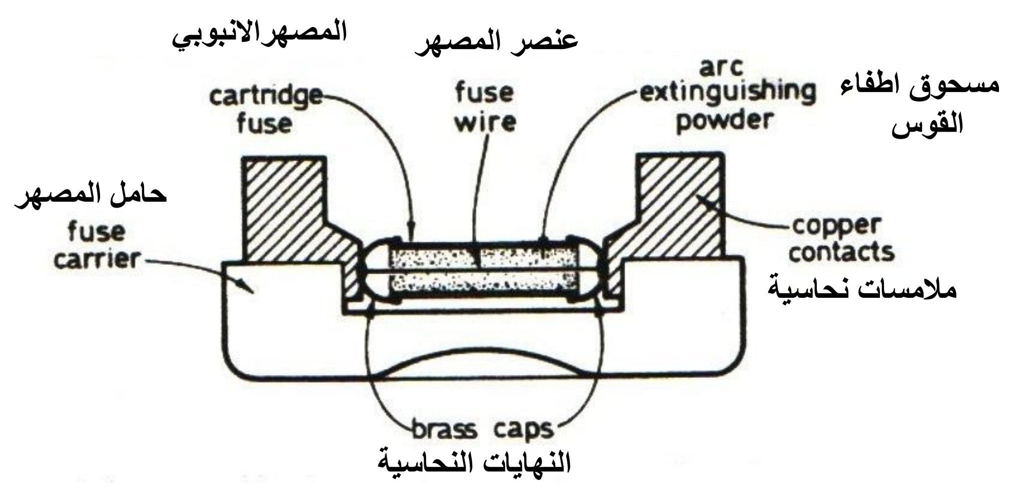


الشكل(6-4) المصهرشبه المغلق ذو السلك المنصهر .

في حالة الحماية المبنية على أساس إعتماد ممايزة التيار Discrimination في عملية الحماية . وفي الدوائر التي لها مستوى عال من الطاقة ، قد يكون هذا النوع من المصاهر مصدر خطر كبير بسبب عدم تمكنه من إطفاء القوس الكهربائي الحادث نتيجة لقطع تيار كبير. لذا فإن إستخدام هذه المصاهر يكون محدوداً فقط لمستويات تيارعطل منخفضة نسبياً ضمن منظومات القدرة. وتعاني هذه المصاهر أيضاً من مساوئ كثيرة إلى جانب حاجتها لإبدال عنصر المصهر بعد كل عملية قطع للدائرة بسبب التيارات المفرطة ؛ إذ أن المصاهر من هذا النوع والمقنن بتيار 100 أمبير قد ينصهره بتيار مقداره 200 أمبير بسبب بنيته الفيزيائية وخواصه الكهربائية المتدنية ، أي ضعف قيمة تيار الدائرة الكهربائية المراد حمايتها ، وبذلك يسبب عطب الاجهزة المربوطة إليه بشكل أو بآخر. كذلك فإن السعة الحمائية لهذه الأنواع من المصاهر تكون غير مؤكدة. وهذا يعني أنه لا يمكن الإعتماد عليها لدرجة عالية ، على سبيل المثال فإن سلكا نحاسيا مقصدرا عيار 33SWG يجب أن يقطع الدائرة عندما يمر خلاله تيار مقداره 15 أمبيراً ، إلا أن هذا لا يحدث عملياً بسبب الخواص المتدنية لبنية المصهر . وإعتماداً على الظروف المحيطة ، قد ينصهر عنصر المصهر ويقطع الدائرة بأقل من هذه القيمة أو بأكثر منها . وتصنع المصاهر شبه المغلقة عموماً لتيار لا يزيد عن 500 أمبير ولسعات قطع منخفضة (4 كيلو أمبير لفولتية 400 فولت). أما في ألمانيا وبلدان شمال أوربا فلا يتم تصنيع هذه المصاهر لاكثر من 30 أمبيراً. أما الميزة الوحيدة لهذا النوع من المصاهر تكمن في كونه أرخص أنواع وسائل الحماية المتوفرة على الإطلاق .

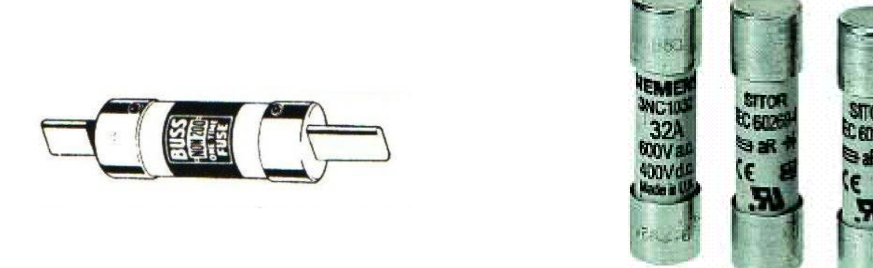
(2) المصاهر الإنبوبية الصغيرة و المصاهر ذات سعة القطع العالية

في دوائر القدرة تستخدم المصاهر الإنبوبية لتجنب مساوئ المصاهر شبه المغلقة المذكورة في (1) آنفاً ، وتصنع هذه المصاهر عادةً لتيارات متعددة القيمة ، وقد تتخذ الإنبوبة الحاوية لعنصر المصهر أشكالاً مختلفة حيث يمكن بواسطتها التغلب على مشاكل المصاهر شبه المغلقة ، ويعتمد طولها على سعة المصاهر المطلوب للدائرة المراد حمايتها بحيث لا يمكن إستخدام سلك غير ملائم داخلها. وبعد إدخال عنصر المصهر فيها وربطه بين نهايتيها النحاسيتين يحكم غلقها ، محافظة بذلك على خواص العنصر الكهربائية وعدم تعريضها للتدهور ، انظر الشكل(6-5).



الشكل (6-5) المصهر الأنبوبي **Cartridge fuses** .

وقد تصنع المصاهر الأنبوبية الصغيرة لتيارات أقل من 5 أمبير (6 أمبير في النظام الالماني) من أنابيب زجاجية فارغة ذات أغطية طوقية (Ferrule) حيث يمكن مشاهدة عنصر المصهر خلال الزجاجة ، أو قد تصنع الأنابيب هذه من مادة الخزف (البورسلين) ويتم تثبيت تيارها المقنن على جسم الأنبوبة كما مبين في الشكل(6 -6(أ)). أما المصاهر التي تتجاوز تقنينات التيار لها أكثر من 5 أمبير ، فتصنع الأنبوبة عادة من الخزف أو السيراميك ويوضع مسحوق الكوارتز أو السليكا داخلها ، عندئذ



(أ) النوع الطوقي (ب) النوع ذي النصلتان السكينية

الشكل (6-6) أنواع المصاهر الأنبوبية .

يطلق على هذه الأنواع بالمصاهر الإنبوبية ذات سعة القطع العالية (H.R.C or H.B.C cartridge fuses) وتستخدم عندما يكون التيار المراد فصمه كبيراً أو عندما يكون مستوى الطاقة في الدائرة عال جداً. ويصنع عنصر المصهر لهذا النوع من المصاهر عادة من مادة الفضة ، فعندما ينصهر السلك الفضي بسبب التيار الكبير ينتج بخار الفضة المنصهر ويتفاعل مع مسحوق الكوارتز مسبباً في تكوين كريات معدنية ذات مقاومة عالية تعترض مسار القوس الكهربائي المتولد مما يؤدي إلى إطفائه تماماً . وبسبب الحرارة العالية الناجمة عن القوس يتكون خليط من الغازات ذو تركيب 40% غاز الهيدروجين و 50% غاز ثاني أوكسيد الكاربون و 10% بخار الماء. ولما كان المصهر الأنبوبي محكم الغلق من جانبيه وحجمه صغير فإن ضغط الغاز داخله سوف يرتفع بسرعة ويصل إلى عشرات المرات بقدر الضغط الجوي.

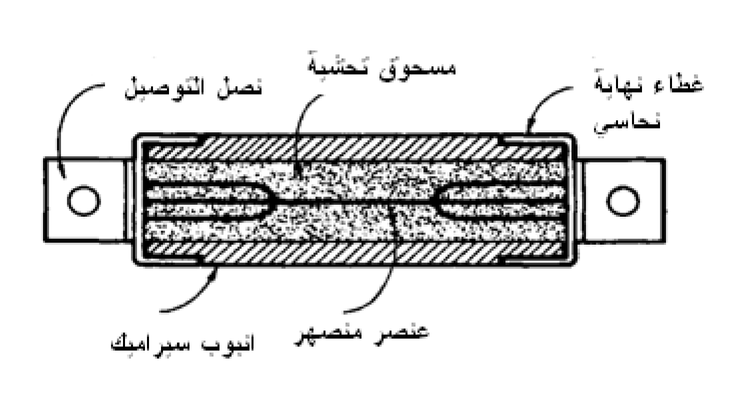
تصنع المصاهر الأنبوبية الطوقية عادة لتيارات منخفضة ولحد 60 أمبيراً ، أما تلك التي تتجاوز تقنيناتها 60 أمبيراً فتكون من النوع ذي النصلتين السكينتين Knife blades الموضح في الشكل (6 – 6 (ب)). ويتألف هذا المصهر عادة من قاعدة ووصيل حيث يمكن سحب الوصيل بوساطة عتلة سحب خارجية تسمى كلابة المصهر Removable fuse puller وتتيسر مصاهر من هذا النوع لغرض حماية الكيبلات الرئيسية للأبنية أو الخطوط العلوية المعلقة Overhead lines لفولتيات 500 و 600 فولت لمنظومات التيار المتناوب و 440 فولت للتيارالمستمر. وقد تصنع هذه المصاهر لحد تيار مقداره 1250 أمبير أو أكثر. وتنتج المصاهر الإنبوبية ذات الأنصال السكينية بأشكال مختلفة ، فأما أن تكون أسطوانية أو صندوقية مربعة أو مستطيلة الأبعاد أو تكون الأنبوبة مغطاة بالكامل بمادة البلاستك (اللدائن) في هيئة حاوية لدنة مصبوبة Moulded-case . ويمتاز هذا المصهر بكونه أمينا عند التشغيل بسبب المادة البلاستيكية المصبوبة المستخدمة ، ويكون جسمه المتحرك معزولاً تماماً عن الأجزاء المكهربة للدائرة بحيث أن كلابة السحب التي تستخدم لسحب الوصيل لاتحمل أية فولية . إضافة لذلك لا تحتوي حاوية عنصر المصهر نفسه أية مواد معدنية عدا العنصر نفسه والنصلتيين النحاسيتين اللتان تحملان التيار. أما المجالات العملية لإستخدام هذا النوع من المصاهر فتكون بصورة أساسية لحماية الكيبلات والخطوط ضد الأحمال المفرطة وأعطال قصر الدارة. وقد تستخدم أيضاً لحماية الدوائر التي تحدث فيها الأحمال المفرطة خلال زمن قصير عند التشغيل الأعتيادي. مثال على ذلك التشغيل الابتدائي بالربط المباشر إلى المصدر للمحركات الحثية ذات القفص السنجابي الثلاثية الطور. ومما تجدر الإشارة إليه هو أن الأبعاد الخارجية لهذه المصاهر تكون جهد الإمكان مطابقة للأبعاد الخارجية المصاهر ذات سعة القصم العالية H.R.C الأخرى التي لها تقنين التيار نفسه ، لكي تسهل عملية الإستعاضة عن بعضها البعض في حالة عدم توفر إحداها. وبسبب التصميم الخاص للمصاهر ذات الحاوية البلاستيكية المصبوبة تظهر هناك خواص فنية لها ندرج منها ما يلي:

1- **درجة حرارة الوسط المحيط** : تعمل هذه المصاهر بكفاءة عالية ضمن درجة حرارة تتراوح بين - 5Cº و + 45Cº ، وتستطيع أيضاً حمل التيار المقنن بصورة مستمرة بدرجة حرارة المحيط قدرها 55Cº . إضافة لذلك يمكنها حمل تيار مقنن لمدة 24 ساعة فقط في درجة حرارة 65Cº . وهذه ميزة كبيرة يمكن إستخدامها في لوحات التوزيع الداخلية بصورة مجتمعة وقريبة من بعضها البعض لغرض إستغلال أصغر مساحة ممكنه في اللوحة. أما في اللوحات الخارجية المعرضة لحرارة الشمس المباشرة بظروف قارية مثل ظروف الدول العربية فلا يستحسن إستخدام مثل هذه المصاهر.

2- **المفاقيد**: تكون المفاقيد الكهربائية لهذا النوع من المصاهر صغيرة ، لذا يمكن إستخدامها أيضاً في صناديق الربط ولوحات الأقلدة (المفاتيح) التامة الغلق Totally enclosed switchboards.

3- **استقرارية الخواص**: بسبب الغلق المحكم لأجزاء وصيلة المصهر الحاملة للتيار فإن هذا النوع من المصاهر يقاوم تأثير تقادم الزمن على عنصر المصهر ، أي أنه لا تتبدل خواصه بمرور الوقت حتى وإن تم تحميله بصورة متكررة بأحمال مفرطة.

أما المصاهر الأنبوبية ذات الشكل الصندوقي فتستخدم عموماً في منظومات القدرة لحماية كيبلات وخطوط الفولتية المنخفضة لحد 500 فولت للتيار المتناوب و 660 فولت للتيار المستمر. وقد تستخدم أيضا لحماية دوائر المقومات السليكونية المحكومة SCRs لحد فولتية مقدارها 1200 فولت. وتختلف وصيلات هذه المصاهر عن وصيلات المصاهر ذات الحاوية البلاستيكية المصبوبة في حقيقة أن أنبوب المصهر يكون على شكل متوازي السطوح ويصنع من مادة السيراميك. وتسد نهايته العلوية والسفلية بصفائح من النحاس. ويمتاز هذا المصهر بقابليته على القصم العالي وصغر مفاقيده الكهربائية وتمييزه للعطل خاصة في الخطوط الشعاعية المغذية للقدرة وكذلك في منظومات القدرة المرتبطة مع بعضها. وتدعى هذه الأنواع من المصاهر تجارياً بالمصاهر ذات سعة القطع العالية (High Rupturing Capacity)H.R.C أو H.B.C (High Breaking Capacity) ، انظر الشكل (6-7) .





الشكل (6-7) المصهر ذو سعة القطع (القصم) العالية H.R.C .

المصاهر الانبوبية ذات القاعدة اللولبية (المصاهر المئخذية) Plug type cartridge fuses

وهي مصاهر أنبوبية ذات أبعاد مضغوطة (متراصة) تتألف من القاعدة ، الغطاء ، المهايئ (Adapter) والسدادة اللولبية لغرض التأكد من إستخدام المصهر بتقنينه الصحيح. وكذلك يحتوي المصهر على وصيل أنبوبي مسلوب من نهاية واحدة يسمى بمأخذ المصهر (Fuse plug) كما موضح في الشكل (6-8).

وتستخدم هذه المصاهر في حماية الخطوط والكيبلات وينتشرإستخدامها في أميركا وألمانيا وشمال أوربا ودول العالم الثالث. وتنتج بأشكال مختلفة وتسمى بأسماء متعددة منسوبة إلى تسميات الشركات الصانعة ألتي تنتجها فمثلاً يطلق عليها فيوزترون (Fusetron) في أميركا ونيوزيد أو دايزد فيوز في ألمانيا وشمال اوربا (Neozed or diazed). وجميعها تصنع بمجموعتين ، المصاهر الاعتيادية (السريعة الاستجابة) و المصاهر ذات التأخير الزمني (المحددة للزمن).

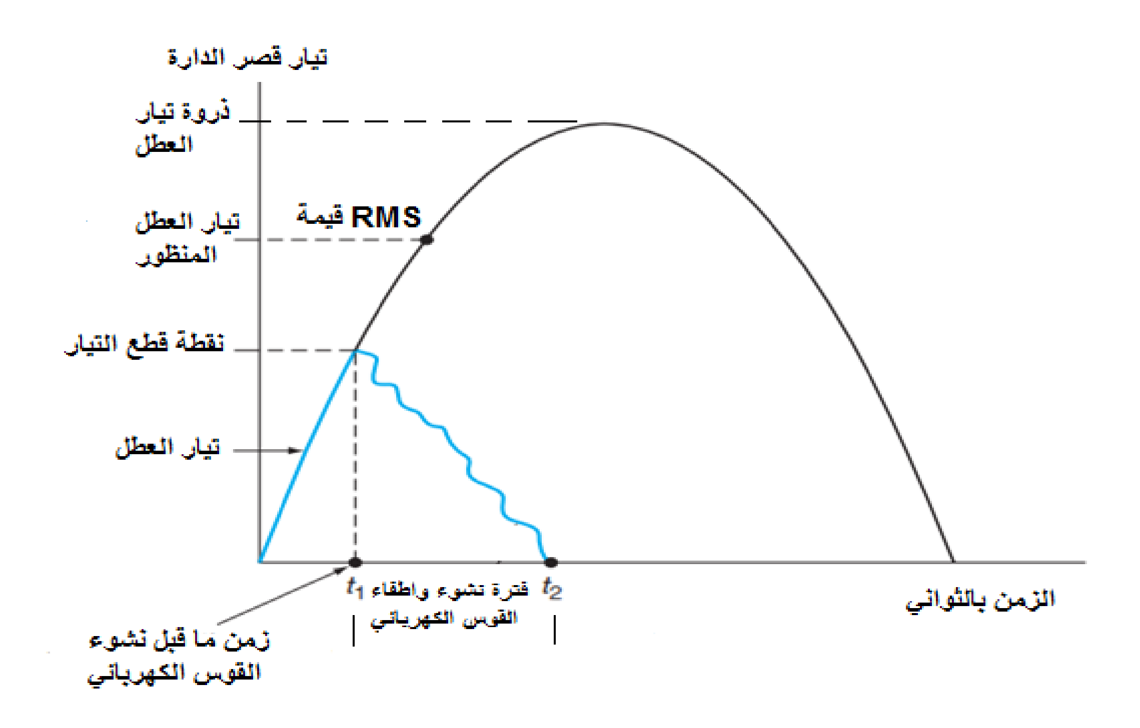





الشكل (6-8) مصاهرالدايزد الأوربية الإنبوبية .

تقنين المصاهر الإنبوبية ذات سعة القطع العالية

مهما إختلفت المصاهر الإنبوبية من حيث المظهر ، إلا أن المبادئ الأساسية لإشتغالها واحدة. وقبل الإشارة إلى أساليب تقنين هذه المصاهر ، يجدر بنا في هذه المرحلة دراسة علاقة التيار مع الزمن خلال فترة قطع دائرة كهربائية بوساطة مصهر حيث يوضح الشكل (6-9) منحنياً يبين العلاقة بين التيار والزمن خلال حصول عطل قصر دارة (المنحني المقطع) والتيار الذي يعمل المصهر على قطعه (المنحني غير المقطع). إن تيار قصر الدارة المبين في المنحني المقطع هو ذلك التيار الذي سوف يمر بالدائرة في حالة عدم وجود المصهر. فأذا حدث عطل قصر الدارة في اللحظة الزمنية 0 ، يستمر التيار بالإرتفاع خلال فترة t_1 حيث ترتفع حرارة العنصر المنصهر بسرعة خلالها. وبعد اللحظة t_1 سوف ينصهر عنصر المصهر ويظهر قوس كهربائي. وبسبب القيمة العالية لمقاومة القوس يهبط التيار في الدائرة إلى الصفر تقريباً. وتسمى الفترة الأولى ($0-t_1$) التي يحدث فيها إمتصاص الطاقة لغرض إذابة عنصر المصهر بفترة ما قبل نشوء القوس ، أما الفترة من t_1 الى t_2 فتسمى بفترة القوس ، ويطلق على الفترة ($0-t_2$) كلها بالزمن الكلي (t) اللازم لقطع الدائرة بواسطة المصهر (حوالي0.01 ثانية).



الشكل (6-9) اشتغال المصاهر خلال فترة القطع .

وتعتمد فترة ما قبل نشوء القوس على مستوى التيار ، بينما تعتمد فترة القوس على فولتية المنظومة. وتتساوى هاتان الفترتان عندما يعمل المصهرفي مستويات عطل عالية للتيار ، أي جزء من الدورة ، لكن في حالة المستويات المنخفضة للعطل تكون فترة القوس صغيرة جداً مقارنة مع الزمن الكلي بحيث يمكن إهمالها. أما مقدار الطاقة الممتصة خلال الفترة فيمكن حسابها بإعتماد المساحة الواقعة تحت المنحنى ضمن الفترة (t) أو الزمن الكلي المبينة في الشكل (6-9) حيث تساوي ($I^2 t R$) جول .
ويقوم بعض المصنعين بتقنين المصهر أيضاً بالطاقة وليس بالتيار حيث يكتب تقنينه اختصاراً (I^2 t) قيمة. وفي ضوء هذا المفهوم إذا لم يحدث أن تعدت قيمة (I^2 t) لفترة ما قبل نشوء القوس القيمة المقننة لها فإن خواص المصهرسوف لا يحدث فيها أي تدهور يذكر.
ويلاحظ من الشكل (6-9) بأن تيار قصر الدارة في الدائرة المحتوية على مصهر لا يمكن أن يصل الى القيمة القصوى غير المتماثلة (قيمة الذروة الاولى) للتيار المنظور i_p وذلك بسبب قطع المصهر للتيار عند قيمة i_e التي تكون اصغر من i_p عادة. وبسبب هذا الفعل يطلق على هذا النوع من المصاهر بمحددات التيار Current-limiting fuse أو قاطعات التيار Current cut-off fuses . وتكون سعة قصم التيار لهذه الأنواع من المصاهر كبيرة حيث تبلغ 24 كيلو أمبير عند فولتية قدرها 400 فولت. وقد يصنع العنصر المنصهر من معادن مختلفة وبأشكال عديدة مثل الخارصين أو الفضة أو القصدير.

(3) المصاهر ذات التأخير الزمني Time-delay Fuses

تمتاز هذه الأنواع من المصاهر بعدم الإستجابة السريعة لفتح الدوائر أثناء مرور تيار عال خلالها لفترة قصيرة جداً ، أي أنه لاينصهر فجأة بأحمال مفرطة آنية ، لكنه ينصهر حاله حال المصاهر الإعتيادية بأحمال مفرطة تستغرق وقتاً طويلاً نسبيا (مستمرة) وينصهر لحظياً في حالات أعطال قصر الدارة ، حيث يعطي في هذه الحالات إستجابة سريعة لحماية الدائرة المربوط خلالها. وتستخدم المصاهر ذات التأخير الزمني عادة في الدوائر الحاوية على محركات كهربائية لغرض إعطاء وقت كاف لتيار البدء الذي يبلغ تقريباً سبعة أمثال التيار الإسمي للمحرك ، أو في حالة تحميل المحرك بأكثر من قدرته لفترة قصيرة بسبب تغييرات العزم الميكانيكي على محور التدوير(Motor shaft) بحيث لا يتعدى التحميل الزائد هذا عن 110٪ من التيار المقنن.

خذ مثلاً عملياً على ذلك محركاً كهربائياً صغيراً يسحب تياراً مقداره 6 أمبيرات في الأحوال الإعتيادية، بينما يسحب هذا المحرك تياراً مقداره 30 أمبيراً تقريباً عند بدء تشغيله لفترة بضع ثواني من الزمن (الفترة العابرة). فإذا كان المصهر المستخدم للحماية من النوع الإعتيادي فإنه يقطع الدائرة خلال عملية بدء التشغيل لذلك يستخدم المصهر ذي التأخير الزمني لإعطاء سماح وقتي لمرور تيار عال من الممكن تحمله من قبل المحرك والسلك المغذي له بدون إحداث أي نوع من أنواع الخطر عليهما.ويقصد بالخطر الذي يتعرض له المحرك أو السلك المغذي له هو تلف المواد العازلة لهما نتيجة التيار الزائد الذي يمر فيهما حيث أن السلك المغذي للمحرك يصمم عادة ليتحمل تياره الإسمي لفترة غير محدودة من الزمن بصورة أمينة ، وتبقى درجة حرارة السلك وعازله ضمن حدود أمينة. أما إذا ازداد التيار في السلك إلى ضعف قيمته الإسمية مثلاً فأنه سوف لايرفع درجة حرارة السلك أو عازله خلال نصف دقيقة من الزمن إلى درجة خطرة ،خاصة إذا كانت قيمة التيار صغيرة جداً قبل أن يزداد إلى الضعف .على هذا الأساس ، ليس من المتوقع إذن حدوث أي خطر على المحرك أو السلك المغذي له خلال فترة بدء التشغيل عندما يرتفع التيار من الصفر إلى سبعة أمثال قيمته المقننة خلال ثوان معدودة. لذا وجب استخدام المصاهر ذات التأخير الزمني لحماية المحركات الكهربائية بصورة عامة بدلاً من المصاهر الإعتيادية التي تنصهر نسبة كبيرة منها عند إستخدامها لهذا الغرض خلال عملية بدء التشغيل. ويبين الجدول (6-2) الفرق بين هذين النوعين من المصاهر من حيث إعطاء أزمان قطع نموذجية مقدره بالثواني .

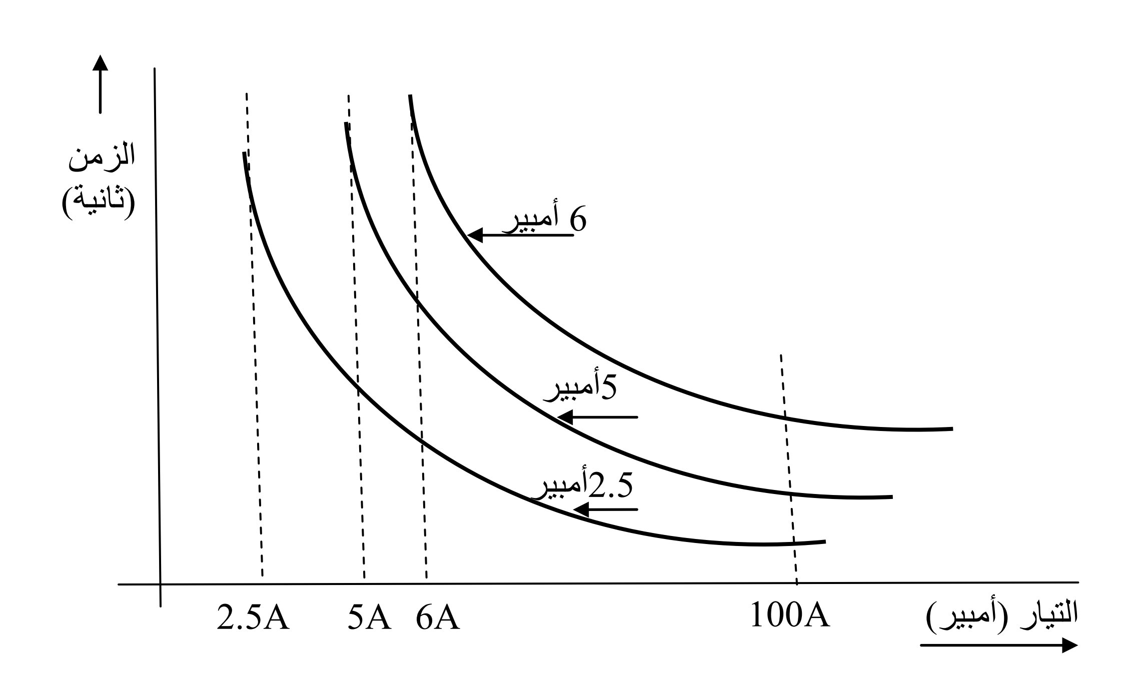
وتختبر أنواع المصاهر جميعها سواء كانت إعتيادية أو ذات تأخير زمني في محيط الهواء الإعتيادي، ويتم تحميلها لحد 110٪ من تيارها المقنن لزمن طويل بحيث انها لا تنصهر. أما إذا تم اختبارها ضمن اجواء مغلقة (حاوية مغلقة) فيجب أن لا يتعدى تحميلها أكثر من 80٪ من تيارها المقنن

جدول (6-2) مقارنة بين المصهر الإعتيادي و المصهر ذي التأخير الزمني

التيار الفعلي بالأمبير	مصهر15 أمبير		مصهر30 أمبير	
	الإعتيادي (ثانية)	ذو التأخير الزمني (ثانية)	الإعتيادي (ثانية)	ذو التأخير الزمني (ثانية)
30	3.9	31	——	——
45	0.8	10	2.2	140
60	0.3	5	4.4	27
75	0.2	1.5	1.8	11
90	0.1	0.5	1.0	5.4

بصورة مستمرة. ويجب أن نذكر هنا أن المصاهر الموضوعة في أماكن معرضة لحرارة شديدة سوف تنصهر لأي تيار معين أسرع مما لو كانت موضوعة في أماكن ذات درجة حرارة إعتيادية.

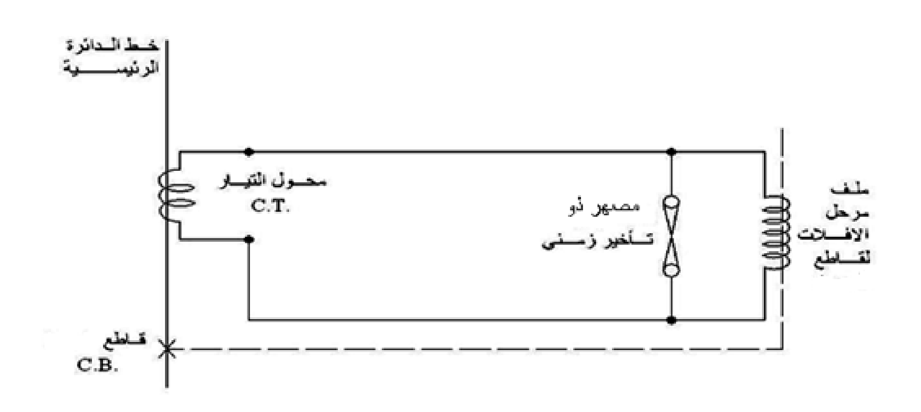
تتميز المصاهر ذات التأخير الزمني بأن خواص تقنين الطاقة (I^2t) لها تكون ثابتة تقريباً ، وتتراوح تقنيناتها بين أمبير واحد إلى مئات الأمبيرات ، ويوضح الشكل (6-10) خواص هذه المصاهر ممثلة بعلاقة الزمن- التيار لثلاثة تقنينات نموذجية منها ولا يختلف شكلها الخارجي من حيث المظهر عن المصاهرالاعتيادية ، ولكنها تختلف عنها في التركيب الداخلي إختلافاً كبيراً.



الشكل (6-10) خواص المصاهر ذات التأخير الزمني .

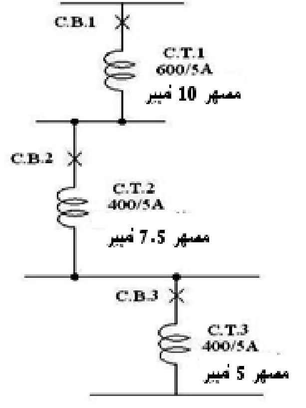
كما أن المصهر ذي التأخير الزمني إستخدم أيضا في فترة الستينيات على نطاق واسع في تشغيل ملفات الإفلات لمرحلات الحماية. وكان يربط عادة على التوازي مع هذه الملفات بحيث يقصر دائرتها كما موضح في الشكل (6-11) . فعندما يمر تيار مفرط في الدائرة الرئيسية ينتقل بطريقة الحث عبر محول

التيار إلى المصهر، وحالما يذوب عنصر المصهر بفعل التيار المفرط في ملف الإفلات يؤدي ذلك إلى تشغيل قاطع الدائرة الرئيسي . أما في الوقت الحاضر فقد قل إستخدام هذه الطريقة في تحديد زمن الحماية بسبب المساوئ الناتجة عن حاجة إبدال المصاهربعد كل عملية إفلات Trip لقاطع الدائرة، حيث يتطلب تعويض المصهر المنصهرعنصره بآخر جديد ضمن قاطع الدائرة مما يؤدي إلى تأخير عملية إعادة التغذية للمستهلكين وانقطاع التيار الكهربائي عنهم بصورة غير مستساغة .



الشكل (6-11) إستخدام مصهر ذي تأخير زمني في تشغيل ملف مرحل الإفلات لقاطع دائرة.

ويستفاد من خاصية المصاهرذات التأخير الزمني أيضاً للحصول على تمييز حمائي للدوائر المرتبطة تعاقبياً ويطلق على هذه المصاهر عندئذ بالمصاهر المحددة للزمن Time – limit fuses. وقد استخدمت هذه الطريقة قديماً للحصول على التمييز الحمائي بواسطة التأخير الزمني، وسميت آنذاك خطأ بمصاهرمؤخرة الزمن Time-delay fuses. وتعاني هذه الطريقة عموماً من عدم الوثوق في الحسابات الدقيقة لايجاد قيمة المصهر المراد استخدامه في دائرة ملف الإفلات للقواطع ، حيث أن خواص المصاهرالتي تعطيها الشركات الصانعة بصيغة منحنيات ، قد تتغير نتيجةلاشتغال المصاهر في ظروف معينة، وتعتمد على درجات الحرارة والأماكن التي توجد فيها. على أية حال ، يبين الشكل (6-12) كيفية إستخدام المصاهر ذات التأخير الزمني للحصول على تمييز حمائي لثلاث مغذيات قدرة ترتبط بصورة تعاقبية.



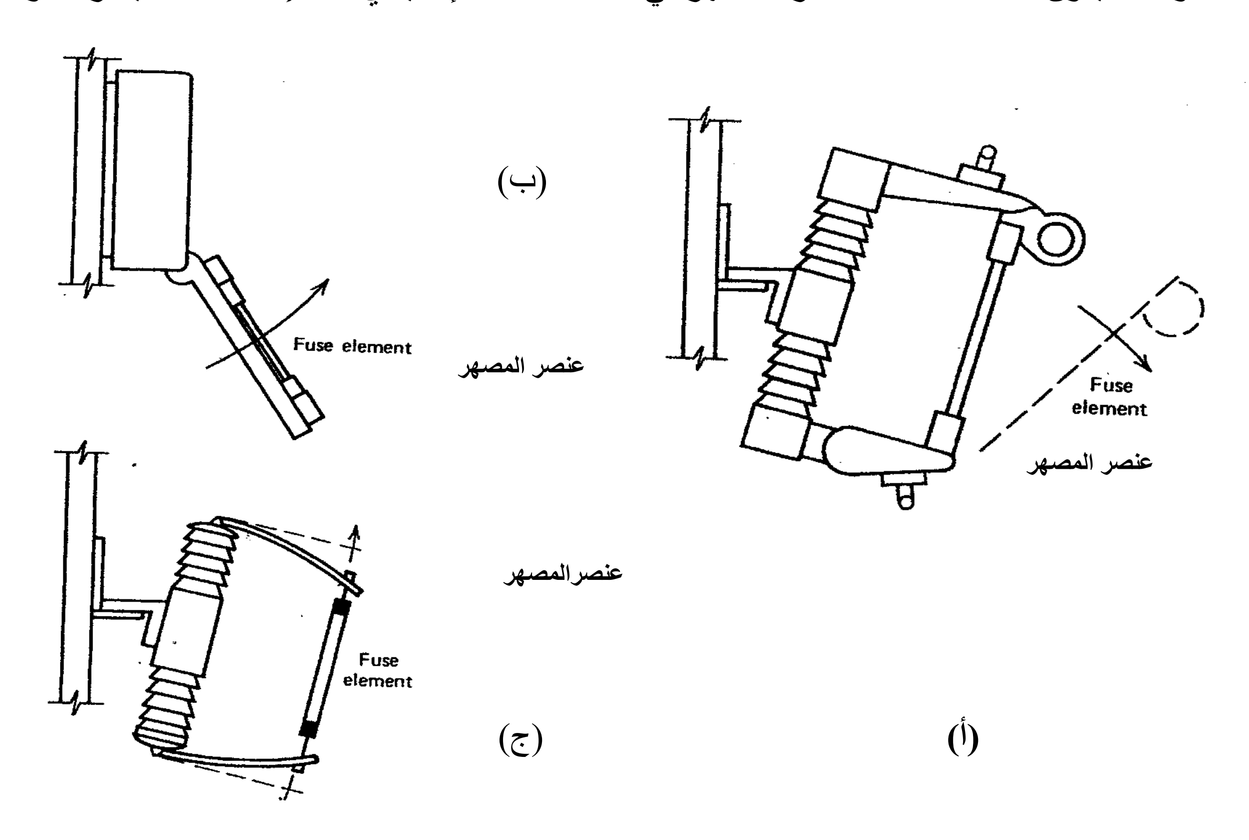
الشكل (6-12) تحقيق التمييز الحمائي باستخدام المصاهر المؤخرة للزمن .

(4) المصاهر ذات سعة القطع العالية للفولتيات العالية

تستخدم هذه المصاهر عموما لحماية المحولات أو الخطوط العلوية المعلقة لفولتيات 11كيلوفولت أو 33 كيلوفولت في منظومات التوزيع الخاصة بالابنية الحاوية على محطات ثانوية إذا ما أريد تقليل الكلفة الناجمة عن استخدام قواطع الدائرة غالية الثمن. وتكون هذه المصاهر من النوع الإنبوبي وتقسم من حيث التركيب والتصميم الى ما يأتي:

1- النوع المفتوح (الساقط) Open (drop out) type

ويثبت هذا النوع على الجدران بارتفاع مناسب وبصورة مائلة ويحمل عنصر المصهر بواسطة فكي التوصيل المعزولين ، أنظر الشكل (6-13 (أ)) ، الفك العلوي له القابلية على التمدد بصورة سريعة وكذلك يكون مصمما لمسك عنصر المصهر في حالات الحمل الإعتيادي . أما إذا حدث تحميل زائد أو



الشكل (6-13) مصاهر الفولتية العالية (أ) النوع المفتوح ، (ب) النوع المغلق ، (ج) النوع النابضي.

تيارات مفرطة نتيجة عطل ما فان الفك الأعلى سوف يسخن سريعا ويقوم بافلات عنصر المصهر وإسقاطه وفتح الدائرة الكهربائية . ويتم في كثير من الأحوال إعادة عنصر المصهر الى مكانه إن لم يكن قد تعرض للصهر بواسطة عصا معزولة خاصة معدة لهذا الغرض.

2- النوع المغلق Enclosed type

يكون عنصر المصهر في هذا النوع داخل حاوية خاصة للمحافظة عليه من العوارض الميكانيكية والجوية ، لاحظ الشكل (6- 13) (ب) .

3- النوع النابضي Spring type

ويشبه هذا النوع النوع الأول المفتوح إلا ان الفكين لهما خاصية نابضية يتقوسان عند تثبيت عنصر المصهر ويبتعدان عند إنصهاره.، لاحظ الشكل (6- 13) (ج) **.**

(5)- اختيار المصاهر Selection of fuses

يعتمد الاختيار السليم للمصاهر وكذلك عملية الحماية والتنسيق على المعلومات والبيانات المرفقة مع المصاهر والتي يعدها مصنع المصاهر أو الشركات الصانعة . وتعطى هذه البيانات على صور مختلفة كالمنحنيات على النحو الآتي :-

منحنيات الزمن - التيار

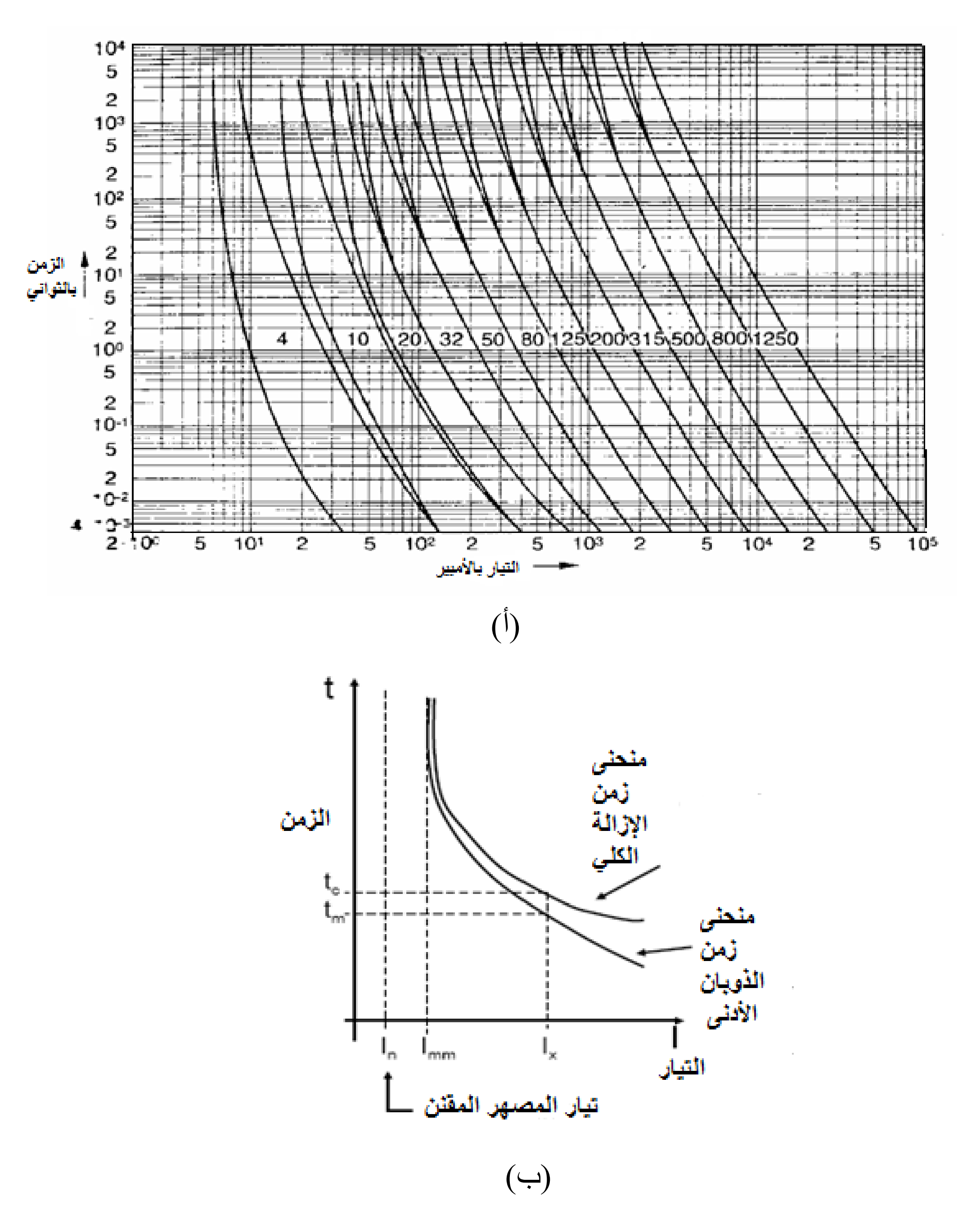
ترسم هذه المنحنيات على ورق لوغاريتمات ، الشكل (6-14(أ)) ، نظرًا لاتساع مدى تغير كل من الزمن والتيار ويختص كل مصهر بمنحنيين ، الشكل (6-14(ب)) :

أ- منحنى الإنصهار : ويعطي العلاقة بين قيمة تيار قصرالدارة والزمن المنقضي من لحظة القصر(حدوث قصر الدارة) وحتى تمام انصهار عنصر المصهر .

ب- منحني الإزالة : ويعطي العلاقة بين قيمة تيار قصرالدارة والزمن المنقضي من لحظة حدوث القصر وحتى تمام إزالته وإطفاء القوس الكهربائي . ويلاحظ دائمًا أن منحني الإزالة يكون أعلى من منحنى الانصهار بزمن يساوي فترة دوام القوس .

وتستخدم منحنيات الزمن - التيار في إجراء التنسيق بين المصاهر أو بين المصاهر وقواطع الدائرة والمرحلات ، ولكي يتم التنسيق بين مصهر وآخر على التوالي يجب أن يكون منحني الإزالة للمصهر الموجود على جهة الحمل Down Stream واقعا بأكمله أسفل منحني الانصهار للمصهر الموجود جهة المصدر Up stream . ويجب اختيار المصهر بحيث يعمل بطريقة سليمة وآمنة فى حالات التشغيل الإعتيادي وحالات قصر الدارة ويتم الإختيار بصفة عامة تبعًا لمقننات التيار والفولتية مع الاستعانة بالجداول والمنحنيات الخاصة بالمصهر، والملحق -3 يعطي خواص الزمن-التيار للمصاهر المصنعة وفق المواصفات القياسية البريطانية لغرض الفائدة. ويراعي عند الاختيار مايأتي:-

1- يجب أن يتحمل المصهر نسبة من زيادة الحمل بصفة مستمرة دون أن تتغير خواصه أو أن يفتح الدائرة ويجب ألا تقل هذه النسبة عن 10% من تيار الحمل.



الشكل (6-14) منحنيات الزمن – التيار للمصاهر :(أ) منحنيات الزمن – التيار للمصاهر نوع HRC صنف gG ،(ب) منحني الزمن – التيار لمصهر عيار 15 أمبير.

2- يجب اختيار المصهر ذي أقل مقنن تيار ممكن بحيث يتحمل التيار المقنن وتجاوز الحمل المسموح به وذلك بغرض الانتقاء والتمييز .

3- تتحدد قيمة مقنن تيار القطع بحيث تكون أكبر من أعلى قيمة متوقعة لتيار القصر ويجب ملاحظة أنه إذا زاد تيار القصر عن سعة القطع أدى ذلك إلى انفجار المصهر ونشوب حريق .

4- يجب ألا يقل تيار القصر في الدائرة التي يتم حمايتها بالمصهر عن ثلاثة أمثال التيار المقنن للمصهر نفسه وذلك حتى يمكن الإعتماد على هذا المصهر في فتح الدائرة بوثوقية عالية .

5- يراعي عند استعمال المصاهر لحماية أجهزة لها خاصية ارتفاع التيار العابر كتيار بدء التشغيل في المحركات أو تيار المغنطة الإندفاعي Inrush current في المحولات ، أن تكون هذه المصاهر ذات تأخير زمني حتى يمكن اختيار التيار المقنن للمصهر بحيث يكون قريبًا من التيار المقنن للجهاز (أي يكون أعلى بقليل) دون أن يفتح المصهر الدائرة بسبب التيار المندفع العالي الآني .

6 – عدم استعمال مصهرين أو أكثر على التوازي .

7- نظرًا للقدرة العالية للمصاهر في الحد من التيار فيجب الإنتباه جيدًا لمتانتها الميكانيكية وسلامة تثبيتها.

مثال 6-1 :

أراد صاحب مصنع نصب اربعة مدافئ مروحية لتدفئة مصنعه في فصل الشتاء وكانت قدرة كل مدفاة 11كيلواط بفولتية 230 فولت (طور واحد) . إحسب تقنين المصهر اللازم لحماية كل مدفأة وتقنين المصهر الرئيسي الذي يتطلب نصبه لحماية المدافئ الأربعة .

الحل : نستخرج أولا التيار الذي تسحبه كل مدفأة كما يلي على اعتبار أن المدفأة لها عامل قدرة= 1 :

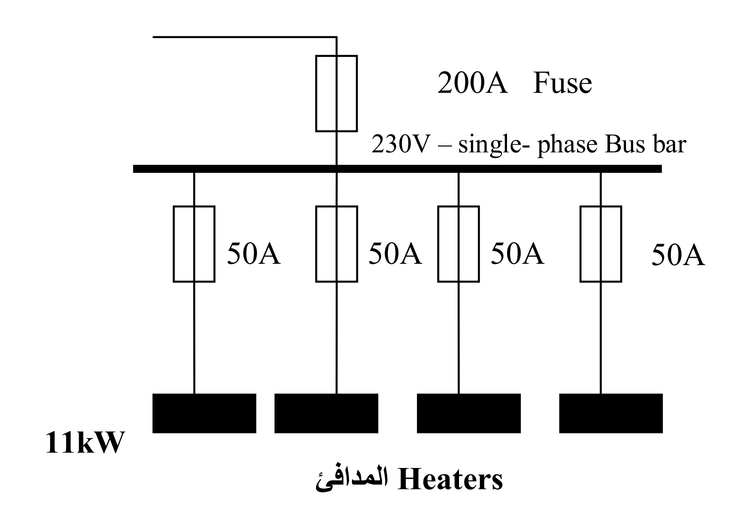
$$I = P/V = 11000 / 230 = 47.82\ A$$

عليه نختار مصهر بتقنين 50A من نوع gG لحماية كل مدفأة . أما المصهر الرئيسي فيحسب تقنينه كالتالي:

تسحب المدافئ الأربعة تيارا كليا مقداره :

$$I_{total} = 4x47.82 = 191.28\ A$$

عليه يكون اقرب تقنين (مقرر) مصهر يمكن استخدامه لهذا التيار هو 200A كمصهر رئيسي ويكون التصميم النهائي كما موضح في الشكل (6-15) .



الشكل (6-15) تصميم وحسابات المثال 6- 1 .

4-6 قواطع الدائرة Circuit Breakers

يعرف قاطع الدائرة (ويسمى أيضا بقاطع الدارة أو قاطع الدورة في بعض المراجع العربية) بوصفه جهازا متكاملا للحماية والسيطرة على دائرة كهربائية معينة أو يعرف أيضا بكونه جهازاً ميكانيكياً يعمل على توصيل أو قطع الدائرة الكهربائية في الظروف الطبيعية والظروف غير الطبيعية مثل حصول عطل قصر الدارة حيث يعمل القاطع على فصل الدائرة الكهربائية تلقائياً. ويؤمن القاطع في المنظومات الكهربائية للأبنية الوظائف الحمائية الآتية :

1. الإزالة السريعة للأعطال بصورة تلقائية وأمينة.
2. توصيل و فصل الدوائر الكبيرة الرئيسية والفرعية.
3. تأمين الحماية الرئيسية والساندة والمساعدة للمغذيات والمعدات الكهربائية.
4. تأمين الحماية المطلوبة لأي غرض كان أو جهاز معين مثل:

أ- الحماية ضد تجاوز التيار بسبب فرط التحميل Overload protection .

ب- الحماية ضد أعطال قصر الدارة Short circuit protection .

ج- الحماية ضد إنخفاض الفولتية Undervoltage protection .

د- الحماية ضد أعطال التأريض والتسريب للأرض Earth fault & Earth leakage protection

وقد تكون جميع هذه الأنواع من الحماية مجموعة ضمن قاطع واحد وخاصة قواطع الدائرة الالكترونية الحديثة. وتمتاز قواطع الدائرة عن غيرها من أجهزة الحماية بكونها أكثر متانة More robust ولها القابلية على قطع سعات كبيرة من مستويات عطل قد تصل إلى مئات الميغافولت أمبير. كذلك فإن لها القدرة على توصيل و فصل الدوائر الكهربائية Making & breaking تحت ظروف الحمل مهما كانت قيم التيارات المارة بها ، أي أن القاطع يعمل كوسيلة فصل وتوصيل كالمفتاح الكهربائي وفي الوقت نفسه يؤمن الحماية اللازمة للأجهزة والمعدات والكيبلات الكهربائية.

5-6 أنواع قواطع الدائرة

تقسم أنواع قواطع الدائرة إلى ثلاثة اقسام :

1- قواطع الدائرة للفولتية المنخفضة L.V. Circuit breaker
2- قواطع الدائرة للفولتية المتوسطة Medium Voltage circuit breaker
3- قواطع الدائرة للفولتية العالية والفائقة High and Extra Voltage C.Bs

ولما كان موضوع البحث في كتابنا هذا هو مجال التمديدات (التأسيسات) الكهربائية للأبنية والمنشآت لذلك سوف ينحصر شرحنا على قواطع الدائرة للفولتية المنخفضة والمتوسطة كونهما يستخدمان بنطاق واسع في هذا المجال.

1-5-6 قواطع الدائرة للفولتية المنخفضة

تقسم قواطع الدائرة للفولتية المنخفضة الى الأنواع التالية:

- قاطع دائرة مصغر (صغراني) Miniature Circuit Breaker (MCB)
- قاطع دائرة ذو العلبة المقولبة Molded Case Circuit Breaker (MCCB)
- قاطع دائرة هوائي Air Circuit Breaker (ACB)

قاطع الدائرة المصغر (MCB)

تستخدم قواطع الدائرة المصغرة بصورة واسعة في التطبيقات المنزلية والصناعية والتجارية في لوحات التوزيع بكافة أنواعها، وتصنع عادة بسعات تيار قياسية :

6 A, 10 A, 13 A, 16 A, 20 A, 25 A, 32 A, 40 A, 50 A, 63 A, 80 A , 100 A

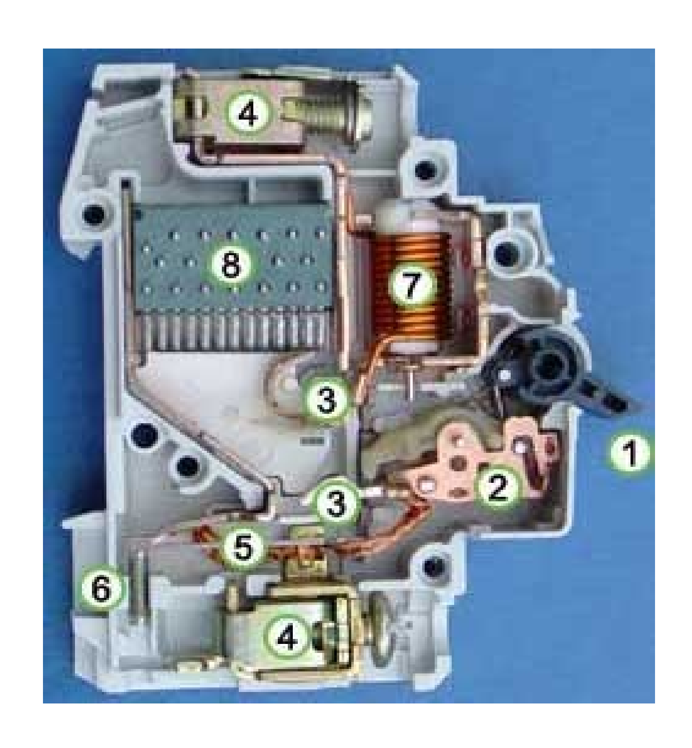
وهي غير قابلة للمعايرة أو التنظيم Non- adjustable، وتكون بطور واحد أو بثلاثة أطوار وقد تكون أحادية أو ثنائية أو ثلاثية أو رباعية القطب. وتحتوي عادة على وسيلتين للحماية حيث تؤمن هذه القواطع مايأتي :

أ- حماية الأسلاك والكيبلات ضد زيادة أو فرط التحميل Overloading بواسطة وسيلة الإعتاق الحراري Thermal releases .

ب- حماية الأسلاك والكيبلات والأجهزة والمعدات ضد أعطال قصر الدارة وزيادة التيار short – circuit and overcurrent protection بواسطة وسيلة الإعتاق المغناطيسي Magnetic releases .

ج- التوصيل والفصل تحت ظروف الحمل On-load switching وعزل أقطاب متعددة في آن واحد Multi- pole isolation .

لذلك فأن قاطع الدائرة المصغر MCB لا يحتاج إلى أية وسيلة حماية أو سيطرة إضافية، إذ أنه يعتبر جهازاً سهل التشغيل وقليل الصيانة ، إضافة إلى كونه يؤمن خدمة مستمرة للقدرة الكهربائية للأغراض العامة والمنزلية والتجارية والصناعية. ويبين الشكل (6- 16) مكونات قاطع MCB ذي طور واحد .



الشكل (6-16) : مكونات قاطع الدائرة المصغر (MCB) .

1- عتلة تستخدم لإفلات القاطع يدويا أو إعادة غلقه تبين أيضا وضعية اشتغال القاطع (ON/OFF) .

2- محفز ميكانيكي يباعد أو يغلق الملامسات (Contacts) .

3- ملامسات تؤمن سريان التيار عند غلقها أو تقطع مروره عند تباعدها .

4- نهاية لتوصيل القاطع بالأسلاك الخارجية.

5- شريحة ثنائية المعدن (Bimetallic strip) تؤمن الحماية ضد تجاوز الحمل Overloading .

6- لولب ضبط يستخدمه المصنَع لضبط قيمة تيار الإفلات بعد عملية تجميع القاطع في المصنع.

7- ملف (Solenoid) مغناطيسي يؤمن الحماية ضد زيادة التيار وقصر الدارة.

8- قاصم (مطفئ) الشرارة.

وتكون القواطع على نوعين : حرارية أو حرارية مغناطيسية.

تستخدم القواطع الحرارية Thermal breakers وسيلة إفلات عبارة عن شريحة ثنائية المعدن تتألف عادة من قطعتين من النحاس والفولاذ (الحديد الصلب Steel) ملتصقتان ببعضهما ، فعندما تسخن هذه الشريحة بفعل التيار الزائد المار في الدائرة الكهربائية المراد حمايتها يحدث فعل الانحناء في القطعتين المعدنيتين نتيجة لاختلاف عاملي التمدد الحراري للنحاس والفولاذ الصلب ، هذا الإنحاء يؤدي إلى تشغيل وسيلة الإفلات الميكانيكية للقاطع .

أما القواطع ذات وسيلة الإفلات الحرارية المغناطيسية Thermomagnetic breakers التي تستخدم بصورة واسعة في لوحات التوزيع Distribution boards فتحتوي على مغناطيس كهربائي يتحسس لحظيا للتيارات العالية الناجمة عن أعطال قصر الدارة وشريحة ثنائية المعدن تتحسس للتيار الزائد القليل تناسبيا مع الزمن.وتحتوي هذه القواطع أيضا على مخمدات أو مشتتات الشرارة الناجمة عن مرور تيار أكبر بكثير من التيارالإسمي للقاطع .فعندما تنفتح الملامسات لقطع التيار العالي تحدث شرارة ملحوظة بينها. هذه الشرارة تديم مرور التيار وتجعله مستمرا ، لذا يجب تزويد القاطع بوسائل لإخماد هذه الشرارة ، ومن هذه الوسائل المستخدمة عموما في قواطع الدائرة الهوائية والقواطع المصغرة هي مخمدات الشرارة ذات التركيب المظلي Arc chute structure التي تحتوي على ألواح معدنية أو خزفية (سيراميك) تعمل على تبريد وتقطيع وإطفاء الشرارة .

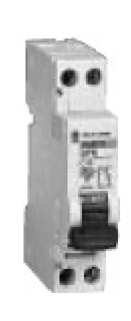
ويصنع قاطع الدائرة المصغر لدوائرأحادية الطورأوثلاثية الطور بالأنواع الآتية ، أنظر الشكل (17-6) :

(1) أحادي القطب Single – pole (SP MCB)

(2) ثنائي القطب Double – pole (DP MCB)

(3) ثلاثي القطب Triple (three) pole (TP MCB)

(4) رباعي القطب Four – pole (4P MCB)



(أ)



(ب)



(ج)

الشكل (6-17): (أ) قاطع أحادي القطب (ب) قاطع ثنائي القطب (ج) قاطع ثلاثي القطب .

ويجب أن يتوافق تصنيع هذه القواطع مع جميع المواصفات القياسية الدولية المعروفة ومنها بالتحديد: IEC60898 و IEC60947-2 .ويتراوح تقنين هذه القواطع من 0.5 أمبير الى 125 أمبير بسعات قطع 3 كيلوأمبير إلى 50 كيلوأمبير.

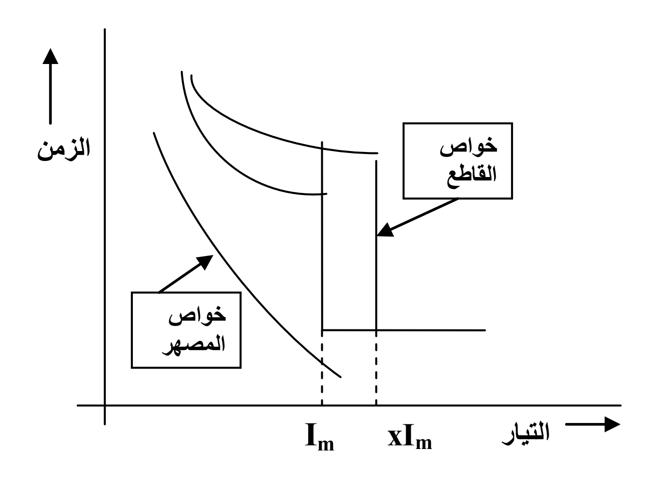
الخواص الحمائية لقاطع الدائرة المصغر Protection Characteristic of MCB

خلافاً للمصاهر التي تكون خواص الزمن – التيار لها محدودة بخط أو منحني واحد فإن خواص الزمن – التيار لقوطع الدائرة تأخذ شكلاً له عدة منحنيات ، انظر الشكل (6- 18). وتصنف خواص القواطع المصغرة وفق النظام الدولي IEC 60898 أو النظام البريطاني BS.3871 part.1 بنوعين رئيسيين

أ- استخدامات المنحني نوع B — B- Curve Utilization

ب- استخدامات المنحني نوع C — C-Curve Utilization

ويقابل هذا التصنيف بالنظام الالماني VDE النوعين L وG ، وفي النظام الفرنسي النوعين L وU .



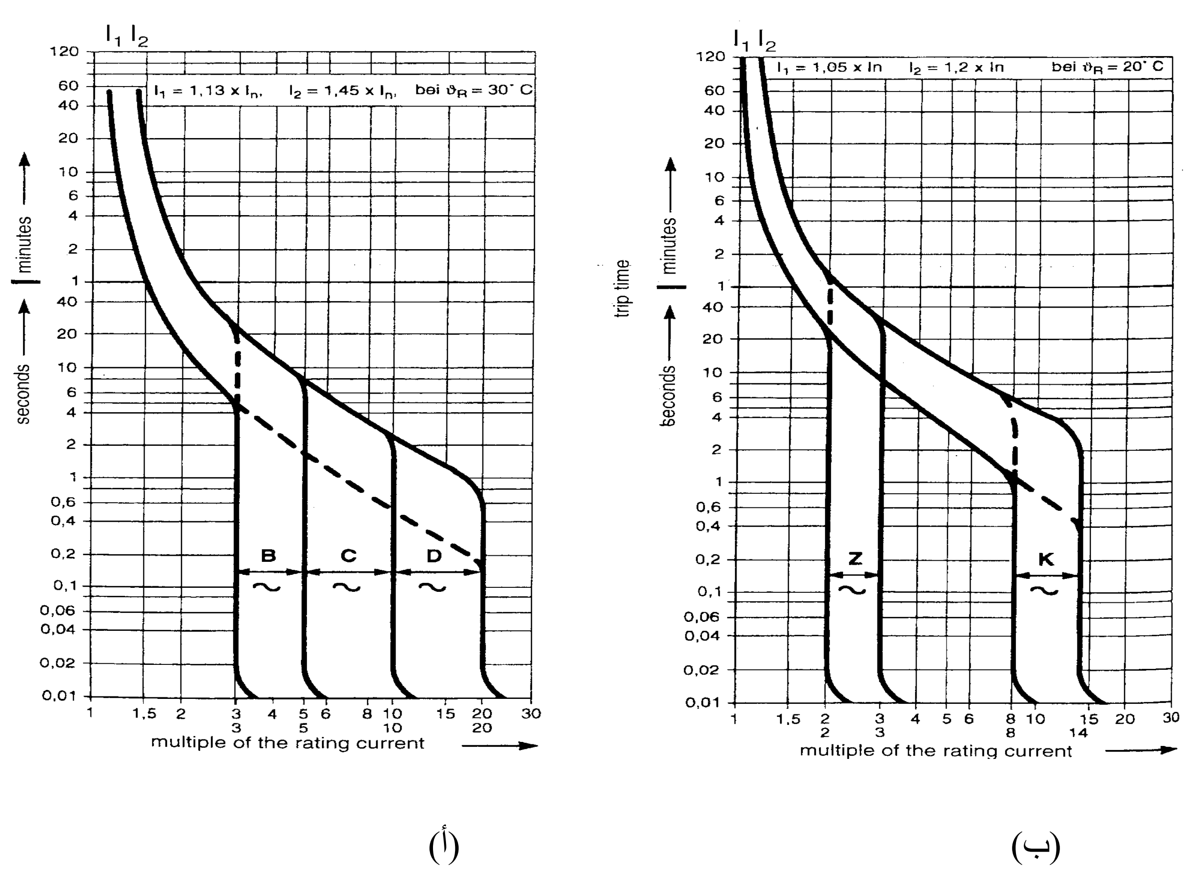
الشكل (6- 18) مقارنة بين خواص قاطع الدائرة وخواص المصهر.

ويختلف كل من النوعين B و C عن بعضهما بمديات تيار التشغيل I_m لوسيلة الإعتاق المغناطيسي Magnetic releases operating range ، الموضح في الشكل (6-18) ، حيث تعمل وسيلة الإعتاق المغناطيسي للنوع B بتيار I_m يتراوح بين ثلاثة أمثال إلى خمسة أمثال التيار الإسمي I_n . اما النوع C فتعمل وسيلة الاعتاق المغناطيسي فيه بتيارات من خمسة أمثال إلى عشرة أمثال التيار الإسمي (للتيارات المتناوبة (.A.C)) . وهناك نوع ثالث هو النوع D تعمل وسيلة الإعتاق فيه من عشرة أمثال التيار الأسمي 10 I_n إلى $20I_n$ يستخدم في تطبيقات خاصة ، لاحظ الشكل (6-19(أ)) .هذه المديات للتيارI_m ملخصة كما يأتي :

I_m = أعلى من $3I_n$ لحد $5I_n$ (داخل)	النوع B
I_m = أعلى من$5I_n$ لحد $10I_n$ (داخل}	النوع C
I_m = أعلى من $10\,I_n$ لحد $20I_n$ (داخل)	النوع D

حيث I_n = التيار الإسمي (المقنن) Nominal (rated) current

وهناك أيضا نوعان من القواطع المصغرة ذات الخصائص غير القياسية وهي K و Z ، حيث يستخدم النوع K لحماية المحركات والنوع Z لحماية نبائط أنصاف الموصلات ذات القدرة العالية Power semiconductors . ويعمل النوع K من ثمانية أمثال التيار الإسمي $8I_n$ إلى $14I_n$. أما النوع Z فيعمل بين $2I_n$ إلى $3I_n$ خلال فترة زمنية تصل الى عشرة ثواني تقريبا ، لاحظ الشكل (6-19(ب)). ويختلف النظام الألماني في النوعين L و G كما يأتي :



(أ) (ب)

الشكل(6-19) خواص الزمن- التيار لقواطع دائرة مصغرة MCB : (أ) الأنواع B و C وD، (ب) الأنواع K و Z .

النوع L : في هذا النوع تعمل وسيلة الإعتاق المغناطيسي Magnetic release بتيارات تتراوح بين 3.5 الى 5 أمثال التيار الاسمي (I_n) أي بمدى أكثر بقليل من النظام B الدولي .

النوع G: في هذا النوع تعمل وسيلة الإعتاق المغناطيسي بتيارات تتراوح بين 7 الى 12 مرة بقدر التيار الاسمي (I_n) وهو مدى أكبر من النوع C الدولي .

ويجب الإشارة الى أن لقاطع الدائرة النوع L تعمل وسيلة الإعتاق المغناطيسي فيه بعد أربع ساعات (240) دقيقة اذا مر تيار مقداره 1.5 مره بقدر التيار المقنن خلاله، ويؤمن بذلك حماية محكمة (قريبة) للتيار الزائد للأجهزة والكيبلات المربوطة اليه Close excess current protection .

أما التيار I_m فهو(كما ذكرنا سلفا) التيار الذي تعمل عنده وسيلة (أو مرحل) الحماية المغناطيسية للحماية ضد التيار الزائد (المفرط) Overcurrent في الدائرة وكما مبين في الشكل (6- 18) وليس وسيلة الحماية ضد تيارالحمل الزائد Overload current .

في الإستخدامات المنزلية والسكنية Domestic and Residential يفضل استخدام النوع B (أو L) الذي يعطي إنتقائية جيدة مع قاطع الدائرة الرئيسي. ويفضل النوع B أيضا في الإستخدامات الصناعية لحماية الأسلاك أو الكيبلات الطويلة التي تصل أطوالها إلى 350 متراً ، حيث أن النوع C (G أو U) لا يفضل استخدامها لأطوال كيبلات تزيد عن 125 متراً.

عليه فإن :

- المنحنى"B": يختار لحماية المعدات المنزلية و ألأحمال التجارية الصغيرة ، ودوائر المآخذ العامة ، (أحمال مقاومية) .
- المنحنى"C": يختار لحماية الكيبلات المغذية للأحمال التجارية والصناعية والمحركات الكهربائية ودوائر الإنارةالإعتيادية العامة ومجاميع الفلورسنت ،(أحمال حثية).
- المنحنى"D": يختار لحماية الكيبلات المغذية لأحمال ذات تيار إندفاعي عالي (محولات الجهد المنخفض والمحركات ومعدات الأشعة السينية) وبعض دوائر الإنارة ذات مصابيح التفريغ الغازي وأجهزة الحواسيب . (أحمال حثية عالية).

المنحنى "K": يختار لحماية بادئات حركة المحركات الكهربائية .

- المنحنى " Z" يختار لحماية دوائر أنصاف الموصلات ذات القدرة العالية.

2-5-6 تقنينات (مقررات) تيار قواطع الدائرة Circuit Breakers Current Ratings

يكون لكل قاطع دائرة نوعان من التقنين (المقررات) للتيار:

أ- تقنين (مقرر) التيار المتواصل Continuous current rating .

ب- تقنين (مقرر) سعة قصم تيارقصر الدارة Short circuit interrupting capacity .

ويعرف التيار المتواصل المقنن (المقرر) I_n للقاطع كونه التيار الأقصى مقدراً بالأمبيرات الذي يستطيع قاطع الدائرة أن يحمله بصورة مستمرة بدون أن ترتفع درجة حرارته بصورة محسوسة ، أوان يتسبب في فصل القاطع . وهذا التقنين له قيم قياسية بالأمبير مثل :6،10،15،16،20،25،32، 125،100،63،50،40.......الخ.

وبموجب مقررالتيار المتواصل يتم تحديد مايأتي :

1 - I_r تيار الإعتاق الحراري (I_1 و I_2 في الشكل (6 -19))

2 - I_m تيار الإعتاق المغناطيسي

أما السعة الثانية التي تحدد مواصفات القاطع فهي سعة تحمله لتيار قصر الدارة Short –circuit current وتقاس بالكيلو أمبير kA ، وهو أقصى تيار يستطيع القاطع أن يتحمله خلال عطل قصر الدارة بدون ان يحترق أو يتعرض لعطب جسيم ولكن خلال فترة زمنية قصيرة لا تتعدى الثواني. وتحدد قيمة هذه السعة بعد إجراء حسابات قصر الدارة التقليدية.وتكون تيارات قصر الدارة معرفة كالآتي :

1 - I_{cu} التيارالأقصى للقطع عند حدوث قصر الدارة وهو التيار الذي يتحمله القاطع مرة واحدة ويجب إختبار القاطع بعد حدوثه ، وهذا التقنين (المقرر) هو الأكثر شيوعا ويعطى أحيانا بالقدرة Pcu أو P_{dc} .

2- I_{cw} التيار المقنن (المقرر) الذي يتحملة القاطع لفترة زمنية قصيرة معينة .

3- I_{cs} التيار التشغيلي للقاطع (وهو نسبة مئوية من"I_{cu}") وهوالتيار الذي يتحمله القاطع ثلاث مرات متتالية يفصل بينها ثلاث دقائق ويجب اختبار القاطع بعدها .

4- I_{sc} أقصى تيار قصردارة يمكن حدوثه.

أما إذا كانت البيانات الدقيقة الخاصة بحسابات قصر الدارة Short circuit calculation data غير متيسرة وهذا هو الواقع عند جميع المهندسين المصممين للتمديدات الكهربائية للأبنية فغالباً ما تعتمد الطريقة التقريبية التالية المبنية على أساس حساب أو قياس الهبوط بالفولتية عند معرفة مقدار التيار المار في أية دائرة. فمثلاً إذا كان مصدر الفولتية بدون حمل هو 400 فولت وبعد أن تم إيصال الحمل إنساب تيار مقداره 40 أمبيراً في الدائرة ووجد بأن الفولتية اصبحت 390 فولت بدلاً من 400 فولت. عندئذ يكون تيار قصر الدارة التقريبي :

$$\text{التيار} = \frac{\text{القدرة (بالواط)}}{\text{الهبوط بالفولتية}} = \frac{400\times 40}{400 - 390} = 1600 \text{ أمبير}$$

لذلك عند اختيار قاطع دائرة مصغر نوع MCB يجب أن لا تكون سعة القطع له أقل من 1600A (1.6kA). وتصنع عموماً قواطع الدائرة المصغرة بسعات قطع مختلفة وفق الأنظمة القياسية الدولية المعتمدة مثل النظام الدولي IEC والبريطاني BS والفرنسي NFC والاوربي CEE والالماني VDE وغيرها. وهذه السعات مثلاً 3000A لحد قاطع دائرة بتقنين 32A لفولتية 230 فولت أحادي القطب و6000A لثنائي القطب أو ثلاثي القطب بفولتيات 230 أو 400. أما السعات العالية مثل 80A فقد تصل سعة القطع إلى 15kA . ويمكن الحصول على هذه السعات المختلفة من أدلة الشركات الصانعة .

استخدامات قواطع الدائرة المصغرة MCB

تستخدم قواطع الدائرة المصغرة عموماً لحماية دوائر الإنارة والمآخذ في الأبنية وكذلك لحماية المحركات الصغيرة والكيبلات الفرعية المغذية للوحات التوزيع الثانوية ذوات الطور الواحد أو الثلاثية الطور. ففي دوائر الإنارة التي تغذي مجموعة من المصابيح التوهجية مثلاً يكون التيار الإندفاعي الأولي خلالها لحظة التشغيل عال جداً ، إذ يصل إلى قيمة تقارب ($12 \times I_n$) حيث I_n هو التيار الإسمي (المقنن) الذي تسحبه مجموعة المصابيح في الحالة الإعتيادية لذلك لا يفضل إستخدام النوع B من قواطع الدائرة وانما يستخدم النوع C . أما إذا كانت دائرة الإنارة حاوية على مجموعة من مصابيح الفلورسنت الحاوية تراكيبها على متسعات لتحسين عامل القدرة (PFC) فأن التيار الإندفاعي الأولي عند تشغيلها لحظياً لايكون كبيراً. لذلك من الممكن إستخدام قواطع دائرة لحمايتها من النوع B ذات الإستجابة السريعة.

وتستخدم قواطع الدائرة المصغرة من النوع C أيضا لحماية المحركات الصغيرة لإستجابتها البطيئة لكون أن تيار بدء التشغيل للمحرك يكون عاليا بحيث تصل قيمته (6-7) أمثال التيار الإسمي للمحرك. وإذا أستخدم النوع B فأن القاطع يفلت أثناء عملية بدء التشغيل . وهذه الخاصية تنطبق على الضاغطات المستخدمة في أجهزة التبريد الصغيرة دون 1.5 طن.

كذلك تستخدم قواطع الدائرة من النوع Bعموماً في حماية دوائر المآخذ بصورة عامة وخاصة مآخذ 13A فما دون. ولحماية المأخذ 15A فإما أن يستخدم النوع B أو النوع C حسب نوعية الجهاز المربوط اليه إذا تمت معرفته سلفاً.

وخلاصة لما سبق فأنه في الإستخدامات المنزلية والسكنية يفضل إستخدام النوع B من قواطع الدائرة المصغرة لكونه يعطي انتقائية أفضل ويتوافق مع قاطع الدائرة الرئيسي الذي عادة ما يكون صغير الحجم نسبياً. ويبين الجدول (6- 3) مدى تيار الإعتاق للحماية ضد زيادة الحمل overload وقصر الدارة Short –circuit (overcurrent) .

تأثير درجات حرارة الوسط المحيط على مقرر (تقنين) قواطع الدائرة المصغرة MCB

تعطى عادة مقررات (تقنينات) قواطع الدائرة MCB بدرجات حرارة معينة ، أما 20C° أو 25C° أو 30C° في أدلة الشركات الصانعة. ويجب الإنتباه هنا إلى أن تقنين القاطع يتأثر بدرجات الحرارة المحيطة ويغير بالتالي من خواصه الحمائية. لذلك فان قواطع الدائرة يجب أن توضع في أماكن لاتزيد درجات الحرارة فيها عن 30 درجه مئوية . ففي الأبنية تكون هذه القواطع عادة في الممرات أو المداخل أو تحت الأدرج أوفي غرف خاصة تكون فيها درجات الحرارة معتدلة وقد تحتوي البناية على تكييف هواء مركزي مما يساعد على عدم تأثر الخواص الحمائية للقاطع أو على مقرره (تقنينه) . أما في الأماكن المعرضة

لأشعة الشمس المباشرة أو ذات درجات حرارة مرتفعة فيجب أن يعدل تقنين القاطع تبعا لدرجة الحرارة الفعلية وكما مبين للقيم المعطاة في الجدول (6-4) .

الجدول (6 - 3) مديات تيار الإعتاق للحماية ضد زيادة الحمل وقصر الدارة للقاطع MCB.

تصنيف القاطع	نوع الحماية	الحماية ضد زيادة الحمل	الحماية ضد قصر الدارة		
منزلي (خدمات عامة)	حرارية-مغناطيسية	Ir=In	ضبط منخفض نوع B 3In≤ Im<5In	ضبط قياسي نوع C 5In≤Im<10In	ضبط عالي نوع D 10In≤Im<20In
صناعي عالي العيارية	حرارية-مغناطيسية	Ir=In ثابت	ضبط منخفض نوع B أو Z	ضبط قياسي نوع C	ضبط عالي نوع D أو K
صناعي إعتيادي	حرارية-مغناطيسية	Ir=In ثابت	Im=7to10In		
		قابل للضبط 0.7In≤Ir<In	- ضبط مخفض 2 to 5 In - ضبط قياسي 5 to 10 In		
عام	ألكترونية	تأخير لمدة طويلة 0.4In≤Ir<In	قابل للضبط ، تأخير مدة قصيرة 1.5Ir≤Im<10Ir لحظيا (ثابت) Ir=12to15In		

الجدول (6-4) تقنين (مقرر) قاطع الدائرة (MCB) عند درجات حرارة مختلفة.

تقنين القاطع بالامبير(A)	درجات الحرارة 20C°	30C°	40C°	50C°	60C°
1	1	0.95	0.9	0.8	0.75
2	2	1.9	1.75	1.6	1.5
3	3	2.8	2.65	2.45	2.25
5	5	4.7	4.4	4	3.65
10	10	9.4	8.7	8	7.1
15	15	14	13	12	10.2
20	20	18.6	17	15.2	13.1
25	25	23.1	21	18.5	15.1
32	32	29.3	26.25	22.8	18.8
40	40	38.5	37	35	33
50	50	47	44.5	42	39
63	63	59	56	53	50
70	77	73	70	65	61
80	86.5	82	80	75.5	70

ملاحظة : عند إشتغال أكثر من قاطع في مكان واحد وكانت القواطع متجاورة وقريبة من بعضها فتضرب القيم المعطاة في هذا الجدول (6-4) بعامل تصحيح إضافي مقداره (0.75) .

مقررات (تقنينات) قواطع الدائرة المصغرة MCB في دوائر الإنارة لمصابيح الفلورسنت

لغرض إختيار مقرر أو تقنين قاطع الدائرة MCB اللازم لحماية دائرة إنارة تتألف من عدة تراكيب إنارة يحتوي كل تركيب على مصباح فلورسنت مفرد أو مزدوج ، يساعد الجدول (6-5) التالي على إيجاد عدد التراكيب وتقنين القاطع بصورة سريعة لفولتية خدمة 220 فولت (خط- محايد) 50 هيرتز.

مثال 6-2 :

من الجدول (6-5) إحسب تقنين قاطع الدائرة اللازم لحماية 22 تركيب إنارة فلورسنت مفرد بدون متسعات PFC ضمن دائرة واحدة أحادية الطور 220V. علماً أن قدرة المصباح 40 واط .

الحل: نتبع السهم المظلل من قدرة المصباح 40 واط إلى عدد التراكيب 22 نازلاً إلى تقنين القاطع وهو 15 أمبير .

ملاحظة: تم حساب متوسط مقرر(تقنين) القاطع لظروف الدول العربية كالاتي :

- درجة الحرارة 35-40C° (داخل حاوية معدنية).
- قدرة الملف الموازن = 25% من قدرة المصباح.

عامل القدرة بدون تصحيح = 0.6. و عامل القدرة المصحح (المعدّل) = 0.86.

جدول (6-5) اختيارمقرر(تقنين) قاطع الدائرة المصغر MCB .

اختيارمقرر(تقنين) قاطع الدائرة المصغر MCB (موضوع داخل صندوق حديد) للانارة بمصابيح فلورسنت										
نوع التركيب	**قدرة المصباح (W)**	**عدد تراكيب الإنارة في دائرة واحدة ذات طور واحد 220V**								
مصباح فلورسنت مفرد بدون متسعات تعديل عامل القدرة(PFC)	**20**	**5**	**10**	**15**	**24**	**45**	**66**	**79**	**100**	**116**
	40	**2**	**5**	**7**	**12**	**22**	**33**	**39**	**50**	**57**
	65	**1**	**3**	**4**	**7**	**14**	**20**	**24**	**30**	**36**
مصباح فلورسنت مفرد مع متسعات تعديل عامل القدرة(PFC)	**20**	**7**	**15**	**22**	**34**	**64**	**94**	**113**	**143**	**166**
	40	**3**	**7**	**11**	**17**	**32**	**47**	**57**	**72**	**83**
	65	**2**	**4**	**7**	**10**	**20**	**29**	**35**	**44**	**51**
مصباح فلورسنت مزدوج مع متسعات تعديل عامل القدرة	**20x2**	**3**	**7**	**11**	**17**	**32**	**47**	**57**	**72**	**83**
	40x2	**2**	**3**	**5**	**8**	**16**	**23**	**28**	**36**	**41**
	65x2	**1**	**2**	**3**	**5**	**10**	**14**	**17**	**22**	**25**
مقرر القاطع (MCB)		**2**	**3**	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**40**

قواطع الدائرة ذوات العلب المقولبة Molded Case Circuit Breakers (MCCBs)

تشابه هذه القواطع في صناعتها قواطع الدائرة المصغرة MCB إلى حد كبير ، إلا أن مكوناتها توضع مجتمعة داخل علبة بلاستك مقولبة وتبرز منها عتلة واحدة مثل اللسان، لتشغيلها . وتصنع عادة لثلاثة أطوار فقط أي لا توجد منها أحادية الطور ولسعات أكبر من 100 أمبير ولحد1600 أمبير أو أكثربقيم تيار قياسية كالآتي:

125A,150A,163A,200A,225A,250A,300A,400A,500A,630A,800A,1000A, 1200A,1500A,1600A.

وتكون ثلاثية أو رباعية القطب (3P or 4P) وقابلة للتنظيم Adjustable . لذلك يتم إعطاء سعاتها في التصاميم بالإشارة إلى سعتها الفعلية (السعة الإطارية Ampere Frame) وتنظيمها (Ampere Trip or Thermal) فمثلا قاطع دائرة نوع MCCB عيار (300AF/200AT) يعني أن سعته الفعلية (الإطارية) هي 300 أمبير(Frame) إلا أن وسيلة الحماية للإعتاق الحراري منظمة على 200 أمبير (Trip or thermal) فقط وهو تيار الإعتاق الحراري (I_r) . وتستخدم القواطع المقولبة عادة كقواطع رئيسية أو ثانوية في جميع أنواع لوحات التوزيع. وتمتاز هذه القواطع عن المصاهر بما يأتي:

1- فتح الدائرة الكهربائية لحظيا بعد إزالة العطل .
2- فصل الأطوار الثلاثة في وقت واحد لإستبعاد تشغيل المحركات الثلاثية الطور بطور واحد.
3- تؤمن حماية محكمة (قريبة) ضد زيادة الحمل Close overload protection .
4- سهلة الصيانة والإستعمال والتركيب .
5- لها سعات قطع (قصم) للتيار عالية نسبيا تتراوح بين 10 إلى 130 كيلوفولت أمبير .

بصورة عامة ، يتم تجهيز هذه الأنواع من القواطع بوسيلتين للحماية أحداهما ضد تيار الحمل الزائد Overload والأخرى ضد تيار قصر الدارة Short- circuit current ، عليه يسمى هذا القاطع بقاطع دائرة حراري مغناطيسي Thermal and magnetic C.B. . ويبين الشكل (6- 20) نماذج شائعة لقواطع الدائرة المقولبة لتيارات متوسطة .

وسائل تشغيل قواطع الدائرة المقولبة

تستخدم إحدى الوسائل التالية في تصنيع وتشغيل قواطع الدائرة المقولبة :

1- التحسس الحراري المغناطيسي Thermal magnetic sensing .
2- - التحسس الهيدرولي المغناطيسي Hydraulic – magnetic sensing .
3- التحسس بوساطة النبائط الأ لكترونية Solid- state electronic sensing .

وبموجب مبدأ التحسس والتشغيل تقسم انواع القواطع المقولبة الى :



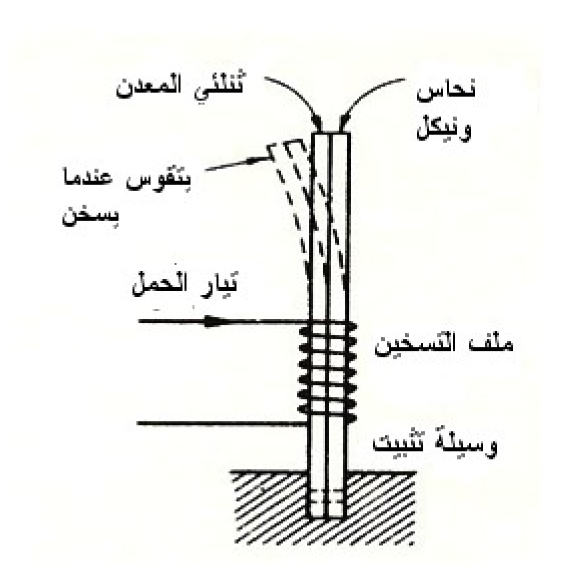




الشكل (6- 20) نماذج شائعة لقواطع الدائرة المقولبة لتيارات متوسطة .

1- القواطع الحرارية

تحتوي هذه القواطع على شريط حراري ثنائي المعدن ، أي يتكون من معدنين مختلفين متلاصقين تماما بلحام ، ويكون عادة من النحاس وسبائك النيكل أو الفولاذ (حديد الصلب) Bimetal strip ويصنع هذا الشريط بحيث انه إذا مر تيار كهربائي معين خلاله لايحدث فيه تمدد يذكر ويبقى الشريط على هيئته الطبيعية . أما إذا زاد التيار عن الحد المقرر فإن الحرارة المتولدة سوف تؤدي الي تسخين الشريط وتقوسه بسبب إختلاف التمدد الطولي لكلا المعدنين، وعندما يصل تقوس الشريط حدا معينا يقوم بتشغيل وسيلة إفلات القاطع. انظر الشكل (6 –21) .



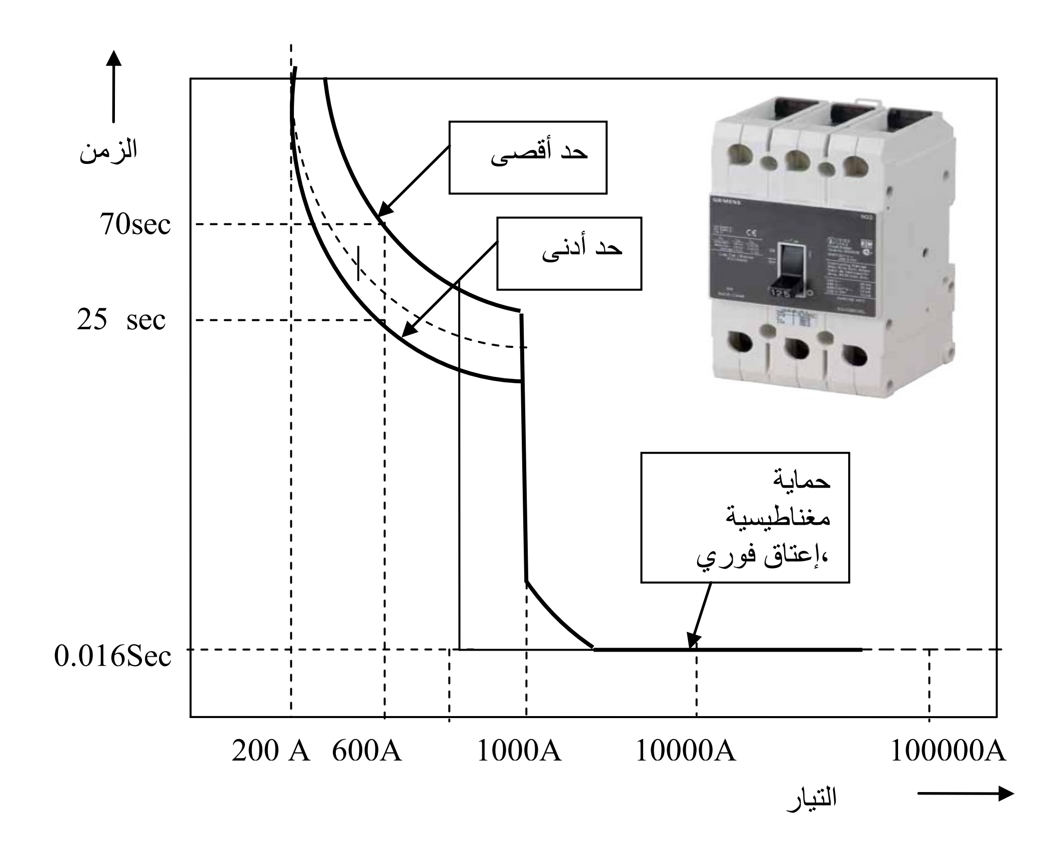
الشكل (6- 21) وسيلة إفلات Tripping device حرارية ثنائية المعدن تسخن بملف حامل لتيار الحمل.

2 – التحسس المغناطيسي

أما وسيلة الإعتاق المغناطيسي Magnetic release فتكون متألفة من ملف كهربائي مجوف وبداخله قضيب حديد صغيرينجذب الى الأعلى عند مرور تيار كهربائي عالي نسبيا (تيار قصر دارة مثلا) في الملف ويعمل هذا القضيب على إفلات القاطع وقطع الدائرة فوريا .علما أن الملف الذي يسخن وسيلة الإفلات الحرارية والملف الذي يجذب القضيب مغناطيسيا يربطان عادة على التوالي مع الخط المغذي الرئيسي . وفي العموم تكون خواص القواطع المقولبة الحرارية المغناطيسية مشابهة تماما لخواص القواطع المصغرة MCB . على سبيل المثال يبين الشكل (6-22) منحنى العلاقة بين الزمن والتيار لقاطع مقولب سعة 200 أمبير .

إن هذا القاطع سيكون قادرا على عمل الآتي:

- حمل تيار مقداره 200 أمبير الي مالانهاية بدون أن يؤثر على وسيلتي الحماية الحرارية والمغناطيسية.

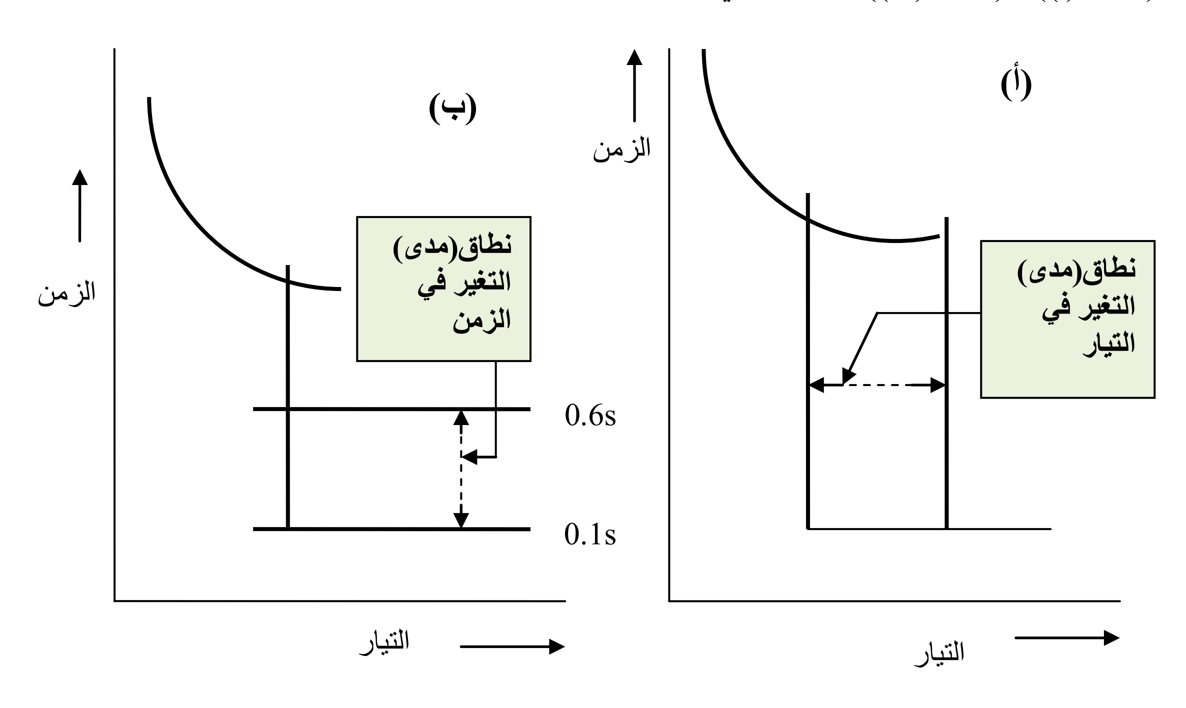


الشكل (6-22) خواص قاطع دائرة مقولب نوع MCCB نموذجي سعة 200 أمبير.

- حمل تيار زائد overload مقداره 600 أمبير (300%) خلال فترة 25 ثانية كحد أدنى و70 ثانية كحد أقصى (لإخماد القوس الكهربائي) .
- فصل الدائرة خلال فترة 16 ملي ثانية (فوريا) اذا كان التيار 10000 أمبير.

وتعتبر فترة 16 ملي ثانية الأخيرة هذه فترة فورية بالنسبة للقاطع كون أن وسيلة الإفلات هي آلية (ميكانيكية) تتطلب هذا الوقت الصغيرجدا.

وتجدر الإشارة الى أن وسيلتي الإعتاق الحرارية والمغناطيسية كليهما يمكن أن تكونا قابلتان للضبط (المعايرة) في قيمهما ، فمثلا في الشكل (6-22) تكون وسيلة الإعتاق الحرارية قابلة للضبط بين الحد الأدنى والحد الأقصى الموضحين في الشكل نفسه . أما وسيلة الإعتاق المغناطيسية فموضحة في الشكل على أساس كونها فورية (آنية) فقط ، إلا أن هذه الوسيلة تكون في معظم القواطع المقولبة قابلة للضبط والمعايرة. فمثلا يبين الشكل (6-23) خواص لقاطع مقولب مزود بوسيلة مغناطيسية قابلة للضبط مع وسيلة حرارية .ويتم الضبط لمقدار التيار وكذلك لمقدارالتأخير الزمني كما موضح في الشكل (6-23(أ)) و(6-23(ب)) على التوالي.



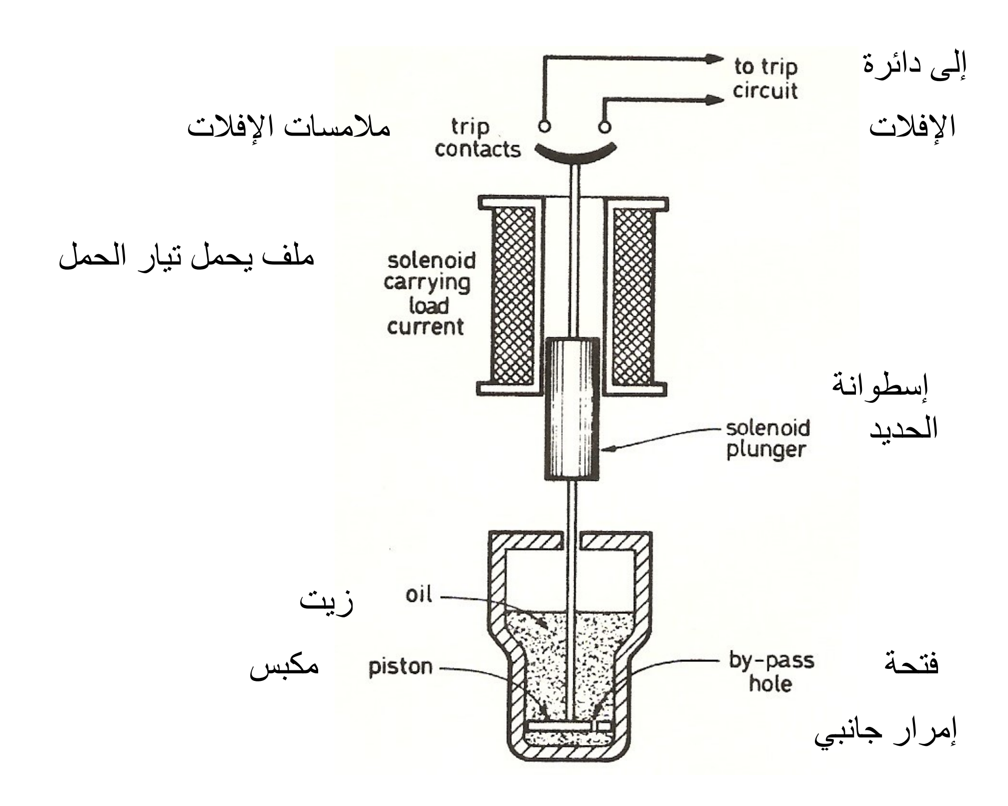
الشكل (6-23) (أ) إعتاق حراري + إعتاق مغناطيسي فوري قابل للضبط (المعايرة).

(ب) إعتاق حراري + إعتاق مغناطيسي ذي تأخير زمني قابل للضبط (المعايرة).

القواطع الهيدرومغناطيسية

يستخدم في هذا القاطع وسيلة إفلات كهرومغناطيسية تتضمن ملفاً اسطوانياً معزولاً في داخله اسطوانة من الحديد Plunger تنجذب داخل الملف عندما يصل التيار الى حد معين . ويمكن ضبط قيمة تيار التشغيل بواسطة تغيير موضع إسطوانة الحديد بالنسبة إلى الملف . أما وسيلة التأخير الزمني ، فتكون عبارة عن نبيطة هايدروليكية متكونة من مكبس اسطواني يتحرك ضمن حاوية فيها زيت ،

ويثقب المكبس لعمل فتحة لإمرار الزيت عند انجذابه للأعلى مكونة قوة هايدروليكية تعمل على اعطاء تأخير زمني محسوب. أنظر الشكل (6- 24) .
هذه القواطع تعتبر في الوقت الحاضر من الأنواع القديمة التي قل استخدامها بسبب صعوبة ضبط زمن التأخير المطلوب ميكانيكيا وكذلك فإن الأجزاء الميكانيكية تكون مكلفة وتأخذ حيزا كبيرا مقارنة بالأجزاء الكهربائية ، إلا أنها قد تستخدم في القواطع الهوائية ذات السعات العالية لقطع التيار وكذلك قواطع الدائرة للفولتية العالية والمتوسطة التي سنأتي على ذكرها لاحقا. لكن وحدات الإفلات الألكترونية الحديثة التي سنأتي على شرحها في الفقرات التالية قد تجعل القواطع الهيدرومغناطيسية خارج الخدمة في وقت أقصر.



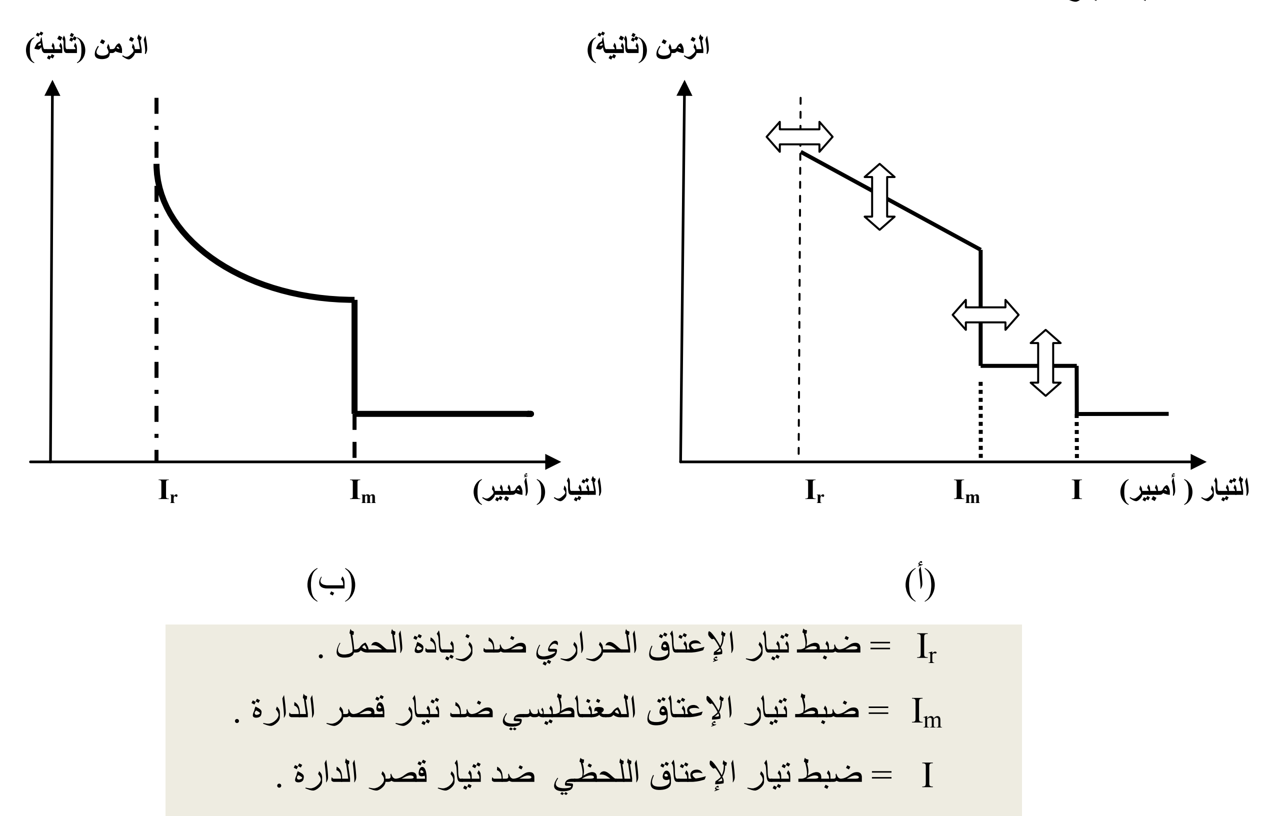
الشكل (6- 24) وسيلة إفلات بتأخير زمن ميكانيكي (هايدروليكي).

قواطع الدائرة المقولبة الألكترونية

في القواطع الحديثة يتم تزويد القاطع المقولب بوسيلة إفلات ألكترونية Electronic trip unit لذا سميت بالقواطع الألكترونية وقد ظهرت هذه القواطع للخدمة عام 1973 لأول مرة ، وإمتازت بوسع مجال منحنى الإعتاق وإمكانية تنظيمه وضبطه بمدى واسع في كلا المحورين الأفقي والعمودي .
وبتطور الدوائر والنبائط الألكترونية الحديثة فقد حدث تطور سريع جدا في هذه الأنواع من القواطع وأصبح القاطع الألكتروني الواحد يؤدي وظائف حمائية متعددة مثل الحماية ضد تجاوز التيار وقصر

الدارة وهبوط الفولتية وإرتفاعها وعطل التأريض وفرط التحميل وفقدان أحد الأطوار ....الخ من أشكال الحماية المعروفة . حتى أن معظم الأنواع الحديثة من هذه القواطع تحتوي على أنواع مبسطة من الحواسيب والمعالجات الدقيقة. وتمتاز هذه القواطع بكونها سريعة الإشتغال (الإستجابة) مقارنة بالقواطع الإعتيادية الأخرى ، ويبين الشكل (6–25) مقارنة بين منحنيات الأداء للقواطع الألكترونية وللقواطع الأعتيادية .

يلاحظ من الشكل أن خواص قاطع دائرة الألكتروني تتخذ مسارات مستقيمة متقطعة يمكن ضبطها في كلا المحورين وليست منحنيات ثابتة كما هو الحال في القواطع الإعتيادية . وتأتي هذه الخواص من تزويد القاطع بمرحل إعتاق ضد تجاوز التيار (حراري في القواطع الإعتيادية) ومرحل إعتاق ضد عطل قصر الدارة (مغناطيسي في القواطع الإعتيادية) لإفلات قاطع الدائرة بسرعة في حالة حدوث قيم عالية لتيار العطل .



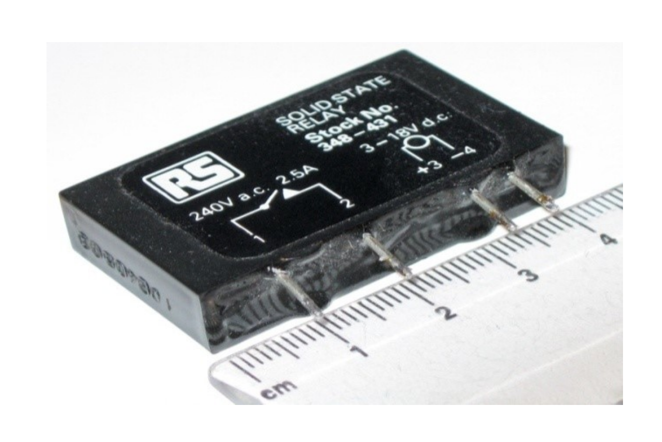
الشكل (6-25) مقارنة بين منحنيات الأداء لقاطع الدائرة الألكتروني والإعتيادي . (أ) منحنى الأداء لقاطع دائرة الكتروني ، (ب) منحنى الأداء لقاطع دائرة حراري - مغناطيسي إعتيادي.

تستخدم قواطع الدائرة ذات وسائل الإفلات (الأعتاق) الألكترونية أحد التقنيات التالية:

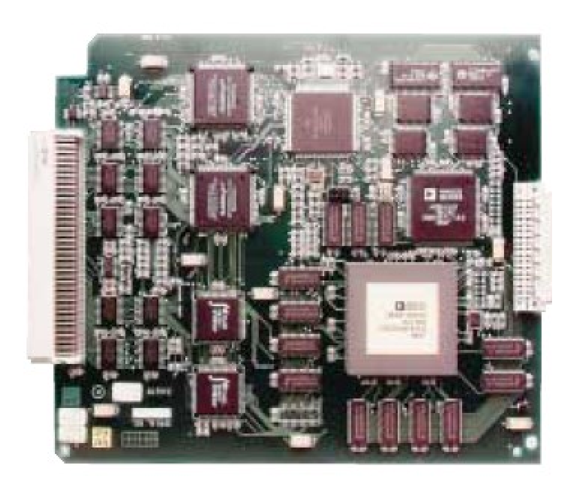
1- إستخدام مرحلات الحالة الصلبة (الستاتيكية) Solid-state static relays وهي مرحلات مبنية من دوائر الكترونية تناظرية بنبائط مثل الترانسستورات والمقاومات والمتسعات وكذلك

الدوائرالمنطقية والدوائر المتكاملة حيث بدأ استخدام وانتاج هذه التقنيات خلال الستينيات والسبعينيات من القرن الماضي. ويبين الشكل (6-26) نموذجين لهذه المرحلات.

2- إستخدام المرحلات الرقمية Digital relays ، هذه المرحلات تستخدم الحواسيب الدقيقة Microcomputers مع برمجيات Software's خاصة للكشف عن الأعطال الكهربائية . وتسمى أيضا بالمرحلات العددية Numerical relays .لقد تم استبدال الدوائر التناظرية في المرحلات الستاتيكية سالفة الذكر بالمعالجات والحواسيب الدقيقة لتنفيذ وظائف هذه المرحلات الرقمية ، حيث يتم فيها تحويل الكميات الفيزيائية كالتيار والفولتية الى كميات رقمية من خلال محولات تناظرية/ رقمية Analog /Digital Converters (A/D) لتنفيذ الخوارزمية الخاصة بالحماية .



(أ)



(ب)

الشكل (6-26) مرحلات ستاتيكية (أ) بسيطة التركيب (ب) معقدة التركيب .

وقد يستخدم المعالج الدقيق تقنية العد Counting technique أو تحويل فوريه المتقطع (DFT) Discrete FourierTransform لتنفيذ الخوارزمية. حيث تتم مقارنة الكميات التناظرية المحولة الى كميات رقمية مع كميات رقمية أو عددية مرجعية مخزونة في ذاكرة المعالج أو الحاسب الدقيق وعلى أساسها يتم إعطاء الأمر من المرحل الى القاطع بفصل الدائرة المربوط اليها القاطع من عدمه. ويبين الشكل (6-27(أ)) مخططاً كتلياً لمرحل رقمي مبني على اساس المقارنة باستخدام الحاسب الدقيق ، والشكل (6-27 (ب)) الذي يوضح نماذجاً عملية من المرحلات الرقمية المستخدمة في القواطع.

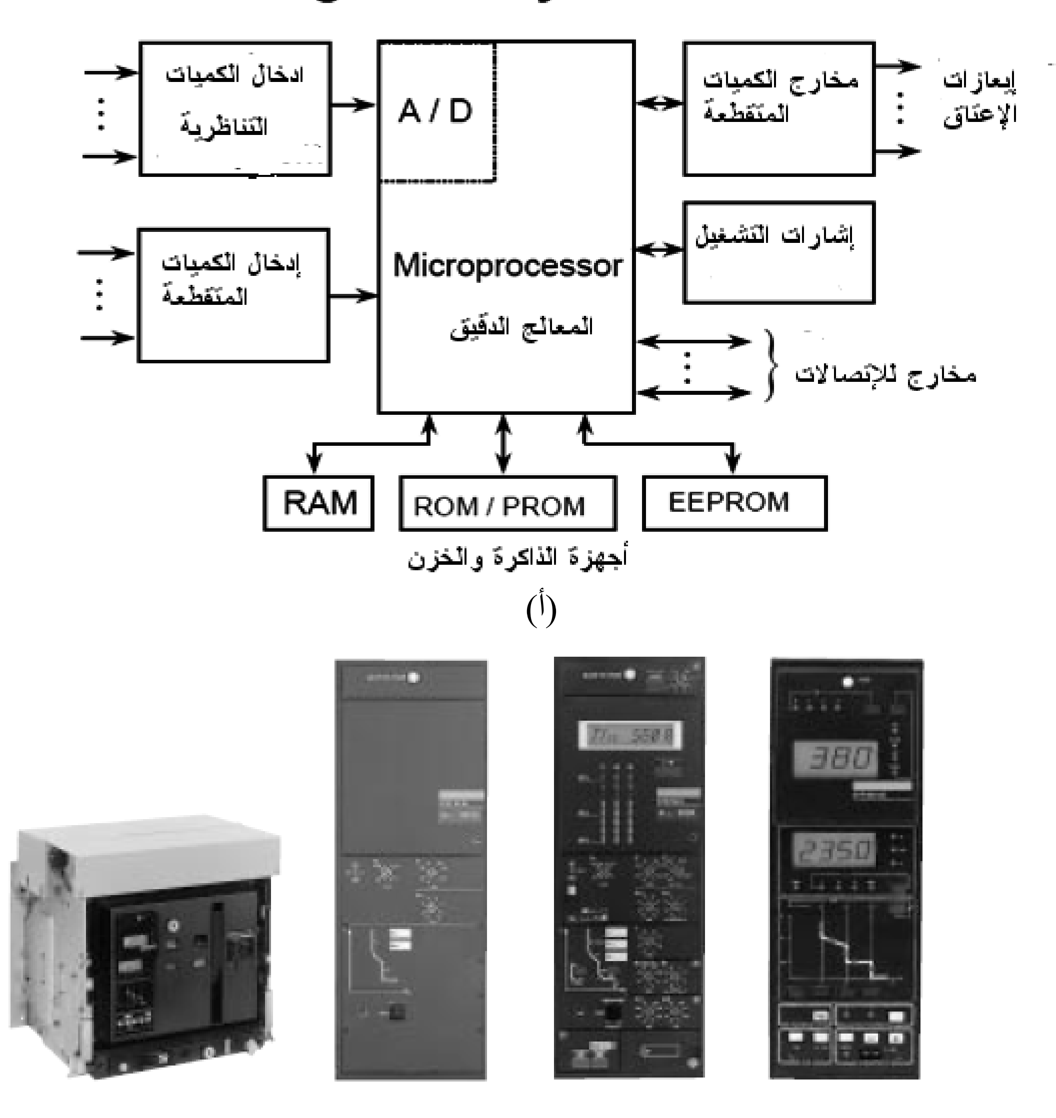
أما الشكل (6-28(أ)) فيوضح طريقة استخدام المعالج الدقيق في المرحلات العددية كذلك يبين الشكل (6-28(ب)) مخططاً انسيابياً بسيطا لتنفيذ خوارزمية الحماية في المرحلات العددية المذكورة.

يستنتج مما ورد سلفا أن القواطع الألكترونية وخاصة الرقمية منها تعطي المزايا التالية:

- تعددية الوظائف ، أي أن القاطع الواحد يمكن أن يؤمن عدة أنواع من الحماية في الوقت نفسه كالحماية ضد زيادة التيار وقصر الدارة وهبوط وصعود الفولتية وأعطال التأريض بأشكالها وكذلك فقدان الطور الواحد ......الخ.
- القياسات وتسجيل الاعطال والبيانات بصورة دقيقة .
- القابلية على الإتصال مع أجهزة الرصد والمراقبة والتسجيل الأخرى من خلال حواسيب السيطرة .

بنية المرحل الرقمي

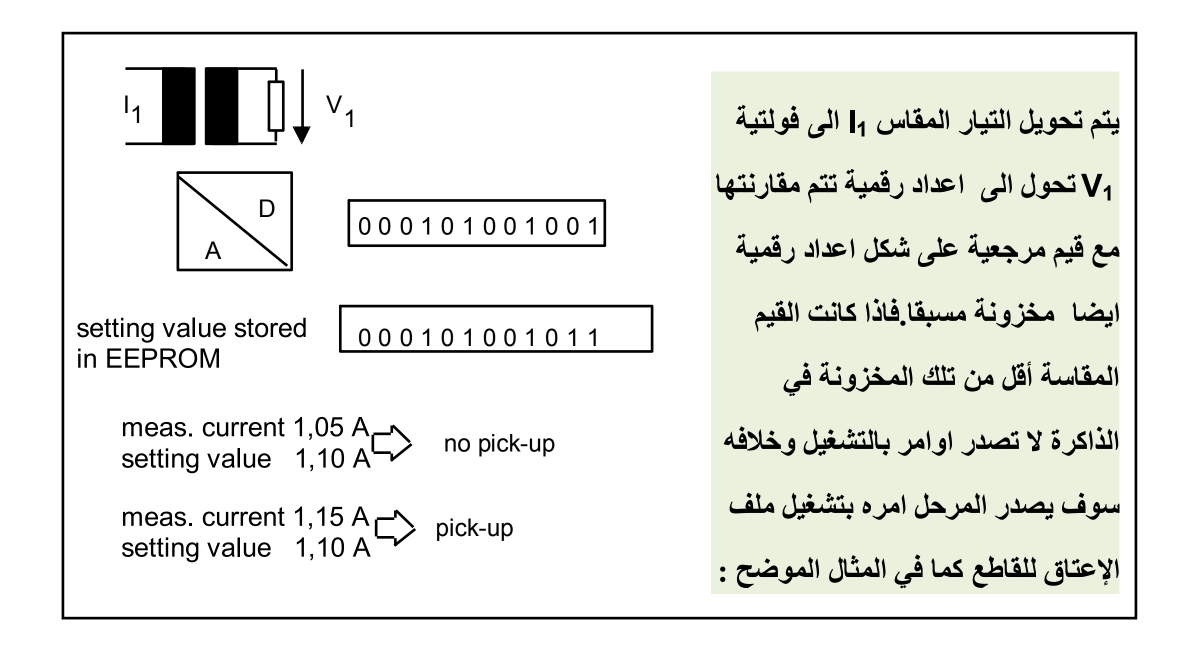
Digital Relay Architecture



(أ)

(ب)

الشكل (6-27) المرحلات الرقمية للقواطع (أ) مخطط كتلي لمرحل رقمي ، (ب) نماذج صناعية من المرحلات الرقمية .



(أ)

دخول الكميات التناضرية Analog Inputs

A/D تحويل Analog-Digital-Conversion

yes — كشف العطل Fault detection — no

برنامج الحماية Protection program

برنامج عادي Routine program

الأوامر والمعلومات المراد إخراجها Command and information output

(ب)

الشكل (6-28) المرحلات العددية (أ) معاملة القياسات العددية في مرحل عددي ،(ب) : مخطط انسيابي بسيط لتنفيذ خوارزمية الحماية في المرحلات العددية، نمط التشغيل للمرحل العددي .

- وثوقية عالية في التشغيل .
- عمر تشغيلي غير محدود .
- إنتقائية وحساسية عاليتين .
- لاتحتاج الى صيانة دورية .

تحسين الأداء الحمائي باستخدام المرحلات الرقمية

عندما يتم تحويل التيارات والفولتيات الى كميات رقمية ،كما هو الحال في المرحلات الرقمية ، عندئذ يمكن اجراء عدة عمليات إضافية وجديدة لمتطلبات الحماية وبكلفة أقل . من هذه العمليات :

- قياس متطلبات الممانعة بدل التيار
- الحماية ضد مركبات التتابع السالب
- الخواص الإتجاهية للمرحلات

كذلك يمكن إضافة إشارات أخرى لتحسين أداء أجهزة الحماية وبكلف قليلة من خلال:

- إعطاء دقة أفضل وبمستوى خطأ قليل عند قياس الزمن أو التيار أو الفولتية أو زاوية الطور أي الكميات التي لها علاقة مباشرة بالحماية.
- التحسس المضبوط والدقيق لقيم جذر متوسط التربيع RMS values بحيث أن قياس هذه القيمة لا يتأثر بالمركبات العابرة Transient components في إشارات فولتية وتيار العطل.
- إستبعاد التيارات ذات الترددات غير الأساسية في حالة حماية عطل الأرض الحساس .
- إعطاء زمن حمائي سريع وتغطية حمائية جيدة وأمان مطلق تقريبا.
- إعطاء قياسات لجميع الكميات الداخلة للمرحل المحولة الى كميات رقمية كالتيارات والفولتيات وغيرها في الوقت نفسه مما يؤمن خزنها وتسجيلها واستخراجها عند الطلب.

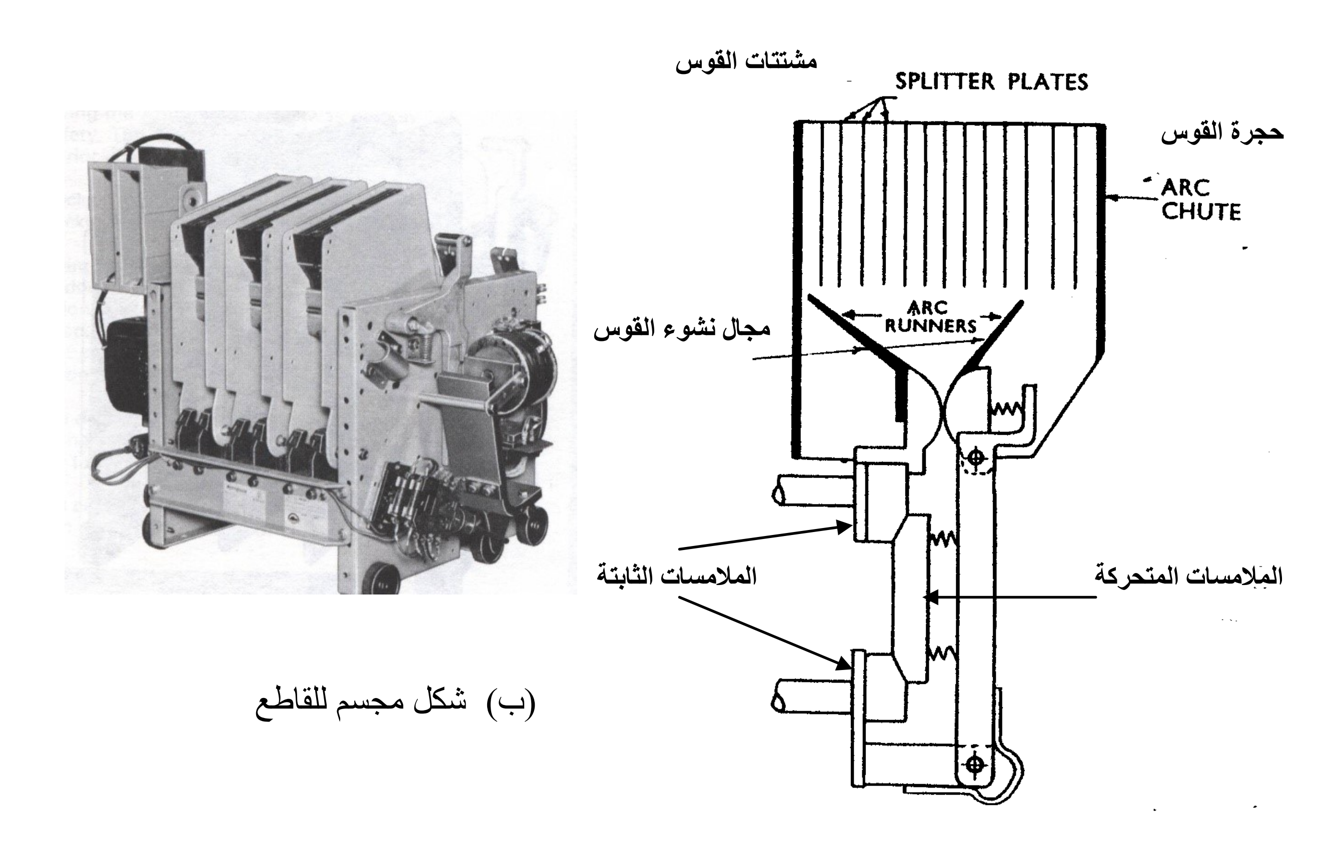
إن تسجيل الأعطال والتشغيل والأحداث بواسطة المرحلات الرقمية هي من الأمور السهلة ويمكن أن تستخرج إما بإظهارها على شاشة حاسوب صغير Labtop يربط إلى المرحل أو بواسطة الراسمات الذبذبية Oscillographs .

قاطع الدائرة الهوا ئي Air Circuit breaker (ACB)

في هذا القاطع يتم فتح الدائرة وإطفاء القوس الكهربائي الناتج من عزل الملامسات عن بعضها البعض فى حيز يحتوي على الهواء الإعتيادي . ويستخدم هذا النوع من القواطع فى شبكات الفولتية المنخفضة (Low - voltage) 400- 1000 فولت ولتيارات حمل كبيرة (Load current) من 1500 أمبير ولغاية 6300 أمبير. وهذا النوع من القواطع يتميز بالبساطة وسهولة الصيانة (لا يحتوي على زيت

معرض للتلوث) . وللمساعدة على سرعة إطفاء القوس الكهربائي تستخدم على سبيل المثال مشتتات Splitter لإخماد الشرارة كما هو موضح فى الشكل (6-29) .

وفي الأبنية والمنشآت يستخدم هذا القاطع في لوحات التوزيع الرئيسية لحماية المحولات في المحطة الثانوية للبناية أو لحماية المغذيات التي تسحب تيارات عالية (أكبر من 1500 أمبير) أو الأحمال الكبيرة مثل مثلجات وسخانات الماء في منظومة التبريد والتدفئة المركزية للبنايات والأسواق الكبيرة . ويستخدم أيضا كوصيل رابط بين قضبان التوزيع Bus Coupler إذا كانت المحطة الثانوية البناية تحتوي على عدة محولات تعمل على التوازي.



(ب) شكل مجسم للقاطع

(أ) شكل تخطيطي للقاطع في وضع الإغلاق

الشكل (6-29) قاطع الدائرة الهوائي ACB.

أنواع أخرى من قواطع الفولتية المنخفضة

قواطع حمائية ضد العطل الأرضي

يمكن بواسطة هذا النوع من القواطع فصل الدائرة إذا تحسست لوجود تيار تسربي أو تيار متبقي صغير جدا (30 – 100) ملي أمبير. وتكون هذه القواطع بالأنواع الآتية :

- RCD (Residual Current Device) يقوم هذا الجهاز بالكشف عن التيار اللامتوازن الناجم عن العطل الأرضي ويقوم بفصل الدائرة ، هذا الجهاز لايعطي حماية ضد تجاوز التيار.

- RCBO (Residual Current Breaker with Overcurrent protection) وهو قاطع دائرة يؤمن الحماية ضد العطل الأرضي وزيادة التيار ، وقد شاع استخدامه في معظم الدول في الوقت الحاضر بدلا من قواطع الدائرة ذات العلب المقولبة MCCB وخاصة في القواطع الرئيسية للأبنية . وقد الزمت الأنظمة البريطانية للتمديدات بوجوب استخدام هذا القاطع في الأبنية والمنشآت منذ سنة 2008 وكذلك دول الخليج العربي.

- ELCB (Earth Leakage Circuit Breaker) ويقوم هذا القاطع بكشف العطل الأرضي مباشرة من خلال تيار التسرب الأرضي وليس على مبدأ التيار اللامتوازن . هذا النوع من القواطع قل إستخدامه في الوقت الحاضر لمساوئه العديدة بعد أن حل محله القاطع RCBO المذكور.

قواطع دوائر التيار المستمر Direct current circuit breaker

مع زيادة الحاجة إلى إستخدام خطوط النقل ذات التيار المستمر أصبح من الضروري تطوير قواطع خاصة بالتيار المستمر؛ وقاطع الدائرة الهوائي يمكن إستخدامه فى حالة الفولتية المنخفضة ، أما فى حالة الفولتية العالية فتستخدم دوائر مساعدة لتقليل قيمة التيار إلى صفر تدريجيًا لإطفاء القوس الكهربائي . وفى عام 1985 تم إنتاج قواطع لدوائر تيار مستمر جهد 500 ك . ف وتيار قصر 2200 أمبير. لكن قواطع التيار المستمر للفولتية المنخفضة تستخدم في الأبنية في نطاق ضيق جدا ، ويقتصر إستخدامها في المختبرات والغرف المتخصصة . عليه سوف لايتم التطرق اليها بالتفصيل في هذا الكتاب.

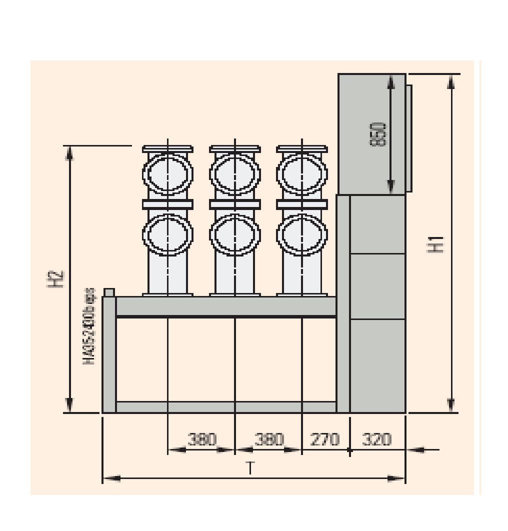
3-5-6 قواطع الفولتية المتوسطة (11000- 33000 فولت)

تستخدم قواطع الفولتية المتوسطة في البنايات الكبيرة التي يزيد حملها عن250 كيلوفولت أمبير أو تلك التي تكون معزولة أو بعيدة عن مصادر التغذية للفولتية المنخفضة . وتنصب هذه القواطع في المحطة الثانوية أو الغرف الكهربائية مع المحولات ولوحات التوزيع الرئيسية.أما أنواعها الشائعة فهي:

- قاطع بملامسات مغمورة في الزيت Oil circuit breaker (OCB)
- قاطع يعمل بدفع الهواء Air blast circuit breaker
- قاطع مفرغ من الهواء Vacuum circuit breaker (VCB)
- قاطع يحتوي على غاز سادس فلوريد الكبريت SF_6 circuit breaker

ويوضح الشكل (6-30) نماذج من هذه القواطع.





الشكل (6−30) قواطع الفولتية المتوسطة.

قاطع بملامسات مغمورة في الزيت (OCB) Oil circuit breaker

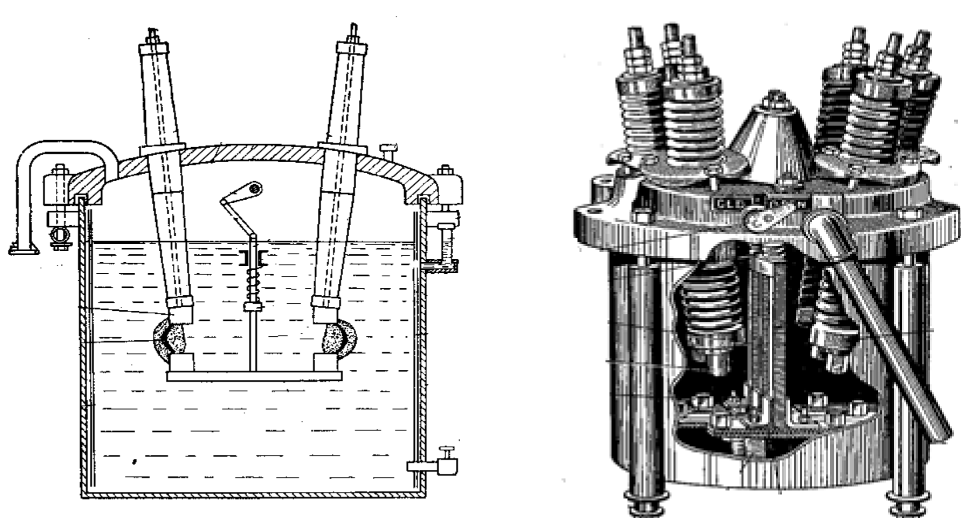
في هذا القاطع تفتح الملامسات ويطفأ القوس تمامًا في زيت موضوع داخل إناء مؤرض ، وتساعد الحرارة الناتجة من القوس الكهربائي على تبخر الزيت المحيط ، فعند زيادة طاقة القوس الكهربائي يزداد ضغط الغازات الناتجة ويعمل على إخماد القوس. وينقسم هذا النوع من القواطع إلى نوعين :

(أ) قاطع بملامسات فى زيت غزير Bulk Oil Circuit Breaker

تكون جميع الملامسات في هذا النوع مغمورة في إناء كبير مملوء بزيت غزير،(الشكل (6-31)). فائدة الزيت في هذا النوع هو العزل بالإضافة إلى إطفاء القوس الكهربائي ، ويتم إطفاء القوس بين الملامسات فى الزيت بصورة طبيعية . بدأ استعماله بالتلاشي في السنوات الأخيرة لظهور أنواع جديدة



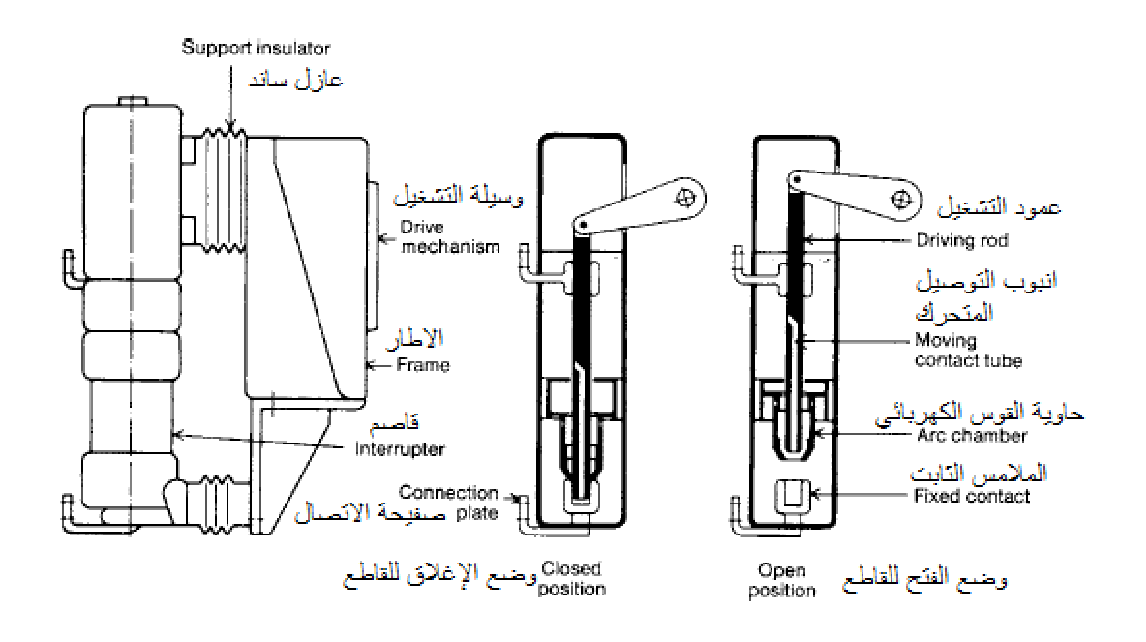
من القواطع.



الشكل (6−31) قواطع الدائرة للفولتية المتوسطة بملامسات فى زيت غزير.

(ب) قاطع بملامسات فى زيت قليل Minimum oil circuit breaker (MOCB)

يتم إطفاء القوس الكهربائي فى وعاء به كمية قليلة من الزيت ويوضح الشكل (6-32) هذا النوع من القواطع ؛ وتستخدم لفولتيات تتراوح بين 11ك.ف و132 ك. ف ، وسعة قطع ما بين 1500 الى 5000 ميغافولت أمبير .



الشكل (6-32) قاطع بملامسات فى زيت قليل .

قاطع يعمل بدفع الهواء Air blast circuit breaker

يتم في هذا النوع من القواطع فتح الملامسات وإطفاء القوس بواسطة تيار هوائي أو بواسطة هواء مضغوط يدفع إما رأسيًا أو عرضيًا مما يسبب إطالة القوس وإبعاد الهواء المتأين . ويتميز هذا النوع من القواطع بعدة مميزات ، منها صغر زمن القوس الكهربائي وسرعة الفصل وإنخفاض معدل تآكل الملامسات نتيجة عمليات الفتح والغلق وسهولة الصيانة ؛ وإن كان إستخدام الهواء المضغوط يرفع من تكلفة القاطع نسبيًا . كذلك ينتج عن تشغيل هذه القواطع ضوضاء كثيرة ، لذلك فهي غير مناسبة للمناطق السكنية أو يتم إستخدام وسيلة لتقليل الضوضاء الناتجة عنها . ويمكن أن تستخدم هذه القواطع لفولتيات حتى 110 كيلو فولت ، كما يمكن إستخدامها لجهد أعلى من ذلك ولكن بتصميمات خاصة.

قاطع يحتوي على غاز سادس فلوريد الكبريت S F 6 circuit breaker

يمتاز غاز سادس فلوريد الكبريت Sulfur hex fluoride بأن له خواص ممتازة فى العزل وإطفاء القوس الكهربائي ، لذلك إنتشر استخدامه فى السنين الأخيرة فى أجهزة القطع المعزولة بالغاز المسماة Gas insulated Switchgear (GIS). وتوجد أنواع عديدة من هذه القواطع ويوضح الشكل (6-33) نماذج من هذه الأنواع .





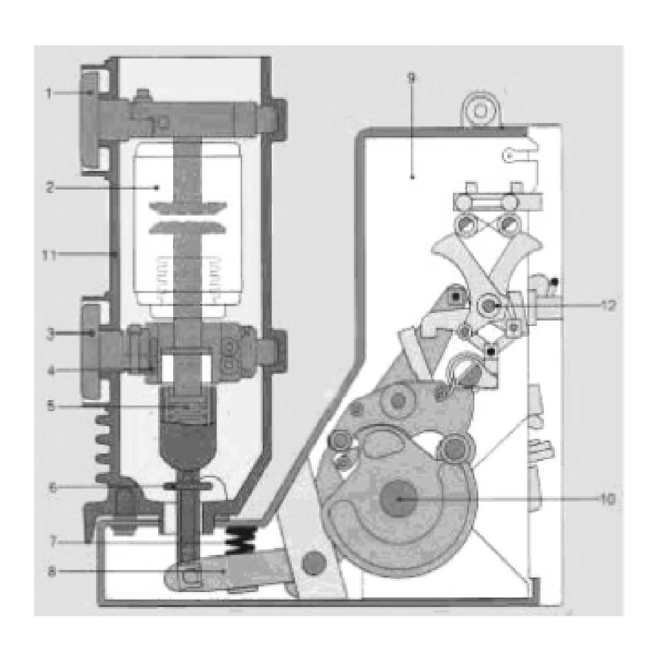
قواطع دائرة SF6 للضغط المتوسط

11 ك .ف – 33 ك.ف.

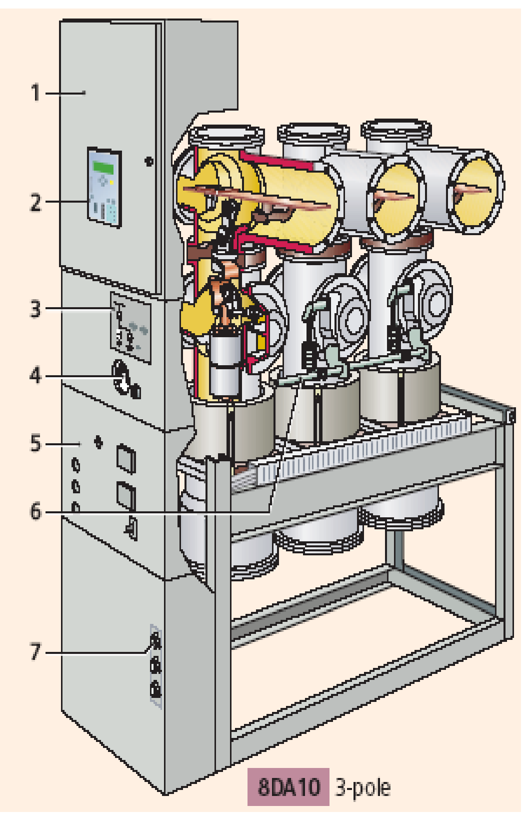
الشكل (6-33) أشكال لقواطع تحتوي على غاز سادس فلوريد الكبريت SF6 .

قاطع مفرغ من الهواء Vacuum circuit breaker (VCB)

الشكل (34-6) يوضح رسما تخطيطيا لهذا النوع من القواطع . ويتميز بصغر المسافة بين الملامسات، لذلك تكون القدرة اللازمة للفتح أو الغلق صغيرة نسبة للأنواع الأخرى من القواطع كذلك فإن هذا النوع من القواطع مناسب لقطع أو وصل التيارات الحثية والتيارات السعوية Inductive and capacitive currents في الدوائر الكهربائية المختلفة.



1 Upper connection التوصيلات العليا
2 Vacuum interrupter القاصم المغرغ من الهواء
3 Lower connection
4 Roller contact (swivel contact for 630 A) الملامسات الدائرية
5 Contact pressure spring نابض ضغط الملامسات
6 Insulated coupling rod قضيب التعشيق المعزول كهربائيا
7 Opening spring نابض الفتح
8 Shift lever
9 Mechanism housing with spring operating mechanism حاوية
10 Drive shaft محور الدفع
11 Pole tube حاوية القطب
12 Release mechanism آلية الإعتاق



الشكل رقم (34-6) قاطع مفرغ من الهواء_VCB

ويعد القاطع SF6 والقاطع المفرغ من الهواء VCB من أفضل أنواع القواطع التي تستخدم في المحطات الثانوية التي تغذي الأبنية والمنشآت في الوقت الحاضر.

نشوء القوس الكهربائي في قواطع الدائرة

من المعروف إن عملية فتح أية دائرة كهربائية بواسطة مفتاح أو قاطع دائرة تنتج عنها شرارة كهربائية بين ملامسات(Contacts) المفتاح أو القاطع . هذه الشرارة الكهربائية هي عبارة عن التيار الكهربائي الذي تم قطعه بواسطة المفتاح او القاطع ، وكلما كان التيار كبيرا كانت الشرارة أكبر بحيث يطلق عليها في قواطع الدائرة الكبيرة بالقوس الكهربائي Electric arc .

وبابتعاد الملامسات المتحركة عن الملامسات الثابتة في القاطع أو المفتاح ينشا قوس كهربائي بينهما ؛ ويكون لهذا القوس منطقتي هبوط أنودية وكاثودية قريبة جدا من الملامسات ، وتنبعث الكترونات من الكاثود لتؤين في طريقها ذرات البخار أو الغاز في نهاية تلك المنطقة. وهذه الألكترونات تحصل على طاقة كبيرة ضمن المجال الكهربائي العالي جدا (يكون بحدود 10^7 فولت /سنتمتر) في منطقة الكاثود ويتسبب عن ذلك عمود قوس غير مقيد تتصاعد فولتيته من 10 ف/سم الى أكثر من 100 ف/سم ، وتزداد درجة حرارة القوس بصورة كبيرة (50000كلفن تقريبا).

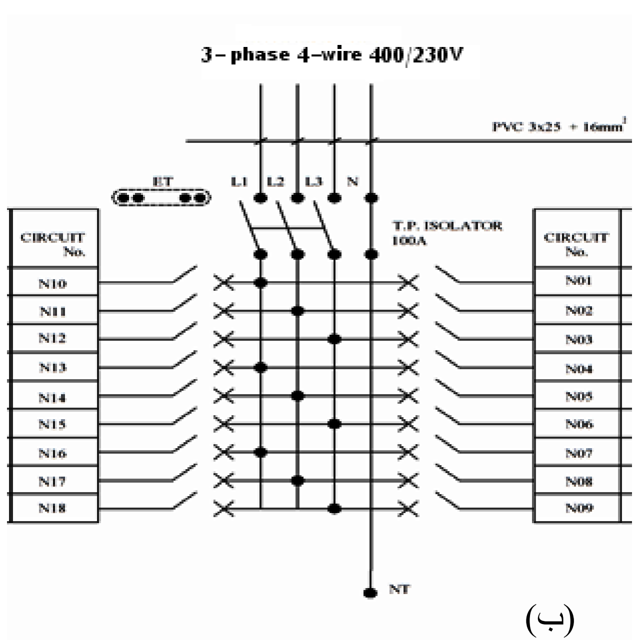
على هذا الأساس يجب أن يتم اطفاء القوس الكهربائي باسرع وقت وإلا تسبب في تدمير القاطع أو المفتاح خلال لحظات زمنية قصيرة . إن من إحدى وسائل إطفاء القوس هي بإستخدام الزيت (في قاطع دائرة زيتي) حيث تؤدي درجة الحرارة العالية للقوس إلى تبخرالزيت بسرعة ، وينتج عن هذا التبخير غازات مثل الميثان والأستيلين وكذلك الهيدروجين . هذه الغازات تعمل على إطفاء القوس ، بإستثناء التقنينات الصغيرة جداحيث يكون لهذه القواطع حجرة تقويس تصمم بشكل خاص بحيث ينتج دفع غازي له ضغط عال حول القوس . ونتيجة لمعدل الحمل الحراري العالي عند محيط القوس يصبح القوس أكثر ضيقا وتعرضا للاخماد والقطع . ويتحقق القطع الجيد عندما يكون التيار بقيمة الصفر الطبيعية (في حالة قاطع الدائرة الذي يعمل على قطع التيار المتناوب) إذا تمت إزالة الألكترونات والأيونات الموجبة من الغاز في الفجوة التي بين الملامسات بصورة سريعة بحيث أن فولتية الدائرة التي تظهر حينها بين الملامسات تكون غير قادرة على إعادة إشعال القوس وتجدد إشتعاله. إن العمليات والظروف الحرجة التي تحدث خلال فترة قصيرة جدا من الزمن (بضع أجزاء الملايين من الثانية) حول قيمة الصفر للتيار والتي خلالها قد يتم منع تجدد إشتعال القوس أو لايتم هي من الأمورغير المفهومة تماما لحد الآن . لذا فإن تصميم القواطع لا يماثل تصميم معظم الأجهزة الأخرى في المنظومة ، حيث أن القواطع ليست سهلة الإنقياد للحسابات التفصيلية . وربما نستطيع القول أن عملية التصميم بالنسبة للقواطع حرفة وخبرة أكثر مما هي علم .

6-6 وسائل أخرى للتوصيل والفصل والعزل والوقاية

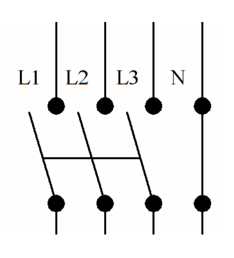
إضافة الى المصاهر وقواطع الدائرة التي تمت مناقشتها في الفقرات السابقة فان هناك معدات واجهزة تستخدم لفصل وتوصيل وعزل الدوائر الكهربائية للفولتيات المنخفضة والعالية . ومن هذه الأجهزة والمعدات نذكر مايأتي:

1-6-6 الفاصل Isolator - مفاتيح الفصل

تستخدم هذه المفاتيح لفتح الدائرة أو التوصيل بين نقطتين بشرط فصل التغذية الكهربائية (الفولتية تساوي صفر بين طرفي المفتاح) .والفاصل هو عبارة عن قاطع غير مجهز بوسيلة افلات (Without Trip) وظيفته الأساسية هي عزل أجزاء من المنظومة أو بعض المعدات المفصولة مسبقا بواسطة قاطع عن باقي المنظومة الكهربائية الحية لتمكين العاملين على القيام باعمال الصيانة بشكل أمين. ويصنع الفاصل عموما بقطبين أو ثلاثة اقطاب ، وفي دوائر الفولتية المنخفضة عادة ما يستخدم الفاصل في لوحات التوزيع النهائية (FDB) التي تغذي دوائر الإنارة والمآخذ في الأبنية متعددة الطوابق والتي تكون محمية أصلا بقواطع من لوحات التوزيع الثانوية الموزعة في البناية. ويبين الشكل (6-35(أ)) رمز الفاصل ثلاثي الطور والشكل (6-35(ب)) يوضح ارتباط الفاصل مع بقية اجزاء لوحة توزيع نهائية.



(ب)



(أ)

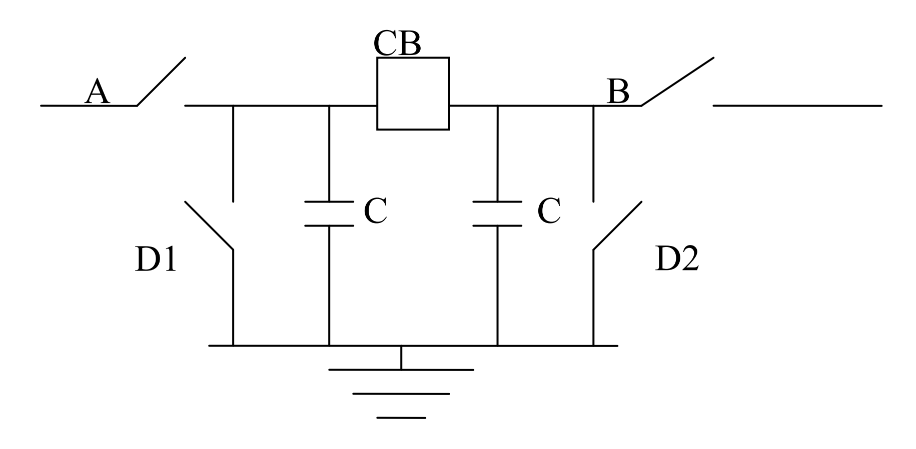
الشكل (6-35) (أ) رمز الفاصل ثلاثي الطور للفولتية المنخفضة (ب) اسلوب ربط الفاصل مع لوحة توزيع نهائية تحتوي على عدة دوائر للإنارة محمية بقواطع دائرة مصغرة MCBs .

ويستخدم الفاصل ايضا في الفولتيات التي تزيد عن 1000 فولت (الفولتية المتوسطة والعالية) والذي يسمى ايضا بالمستعزل لتنفيذ الوظائف التالية:

1.وصل وفصل محايد المحولات ومفاعلات التأريض.

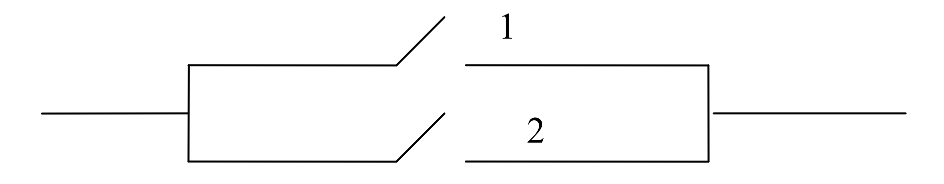
2.تفريغ تيار شحن قضبان التوزيع والكيبلات والخطوط الناقلة للقدرة.
3.تاريض أجزاء معينة من المنظومة لإغراض الصيانة.
4.فصل المحولات وقواطع الدائرة لإغراض الصيانة.
5.عمليات الإبدال في الدوائر الكهربائية.

ويبين الشكل(6-36) توضيحا لعملية تحضير قاطع دائرة CB للصيانة حيث يتطلب الأمر أولا فتح القاطع ومن ثم عزله عن قضيب التوزيع باستخدام الفاصل A وعزله عن باقي اجزاء الشبكة عن طريق الفاصل B. ثم يجب تأريض خوازن المتسعات C عن طريق مفتاحي (فاصلي) التأريض السكيني D1 و D2 لتفريغ الشحنات التي قد تكون ملازمة للقاطع نفسه مع العلم ان فاصل التأريض السكيني قد يكون جزء من الفاصل الأساسي.



الشكل (6-36) عملية تحضير قاطع رئيسي للصيانة باستخدام مفاتيح الفصل.

أما عمليات التبادل بين الدوائر الكهربائية بالإستعانة بالفواصل فتتم تحت ظروف خاصة. فلو فرضنا ان هنالك فرعان متوازيان يحويان على فاصلين 1 و2 كما في الشكل (6-37) فانه يمكن إتمام عمليات إبدال الدوائر الكهربائية بالاستعانة بالفواصل . يفتح أحد الفواصل تحت ظروف الحمل طالما ان الفاصل الثاني يكون مغلقا وذلك لنقل التيار من الفاصل الأول إلى الثاني بدون الحذر من نشوء القوس الكهربائي على اطرافه نتيجة قطع التيار .



الشكل (6-37) عملية التبادل بين الدوائر باستخدام الفواصل.

2-6-6 مفاتيح (مبادلات) التأريض Earthing Switches

بصفة عامة يوجد نوعان لمفاتيح التأريض :

* مفتاح تأريض بطئ Slow - operating earthing switch

* مفتاح تأريض سريع Fast - closing (high - speed) earthing switch

النوع الأول وهو الأكثر شيوعًا يستخدم فى حالة إجراء تأريض لغرض حماية الأشخاص بشرط أن تكون التغذية الكهربائية مفصولة عن النقطة التى يتم التأريض عندها ، كما فى حالة إجراء الصيانة مثلا. والنوع الثاني من المفاتيح مصمم للغلق تحت ظروف التشغيل العادية أي يتحمل تيارقصر وجهد التشغيل ويستخدم فى حالات محدودة فقط .

وتختلف قواطع الدائرة Circuit breakers عن المفاتيح Switches فى أنها يمكنها فتح أو غلق الدائرة فى ظروف التشغيل العادية ؛ كذلك فى الحالات الخطرة فى مثل حدوث عطل قصرالدارة الذي ينتج عنه قيم عالية للتيار المار فى الدائرة الذي يمكن أن يصل إلى عشرة أمثال القيمة المقننة للتيار فى الدائرة أو أكثر ، علاوة على أن زاوية طور التيار تكون قليلة . ويتم الفصل خلال زمن قليل جدًا يتراوح بين 40 و 60 مللي ثانية . ويتم فصل الدائرة الكهربائية عند طرفي تلامس أقطاب أجهزة القطع التى يتكون بينها قوس كهربائي نتيجة لإرتفاع درجة الحرارة وتأين الوسط المحيط الذي يتم إخماده بطرق متعددة مثل تبريد القوس الكهربائي أو إطالته أو تجزئته .

3-6-6 الملامس (الكونتكتر) Contactor

الملامس هومفتاح كهربائي يتم التحكم في فتحه وغلقه بواسطة ملف كهربائي محفز Solenoid يعمل بفولتية طور واحد ويسيطر عليه عن بعد بواسطة زر كبس Push button . يستخدم الملامس في تطبيقات عديدة منها لتشغيل محركات التيار المتناوب أحادية وثلاثية الطور أو تشغيل مجموعة من المصابيح في الأبنية الصناعية ، ويعطي الجدول (6-6) أنواع الملامسات وتصنيفها وترميزها حسب نوع التيار المستخدم. فمثلا الملامس AC-3 يمثل الحرفان الأوليان AC نوع التيار المستخدم (متناوب) أما الرقم التالي فيشير الى الإستخدام ،والرقم 3 يشير الى امكانية استخدام الملامس لبدء حركة المحركات الحثية ذات القفص السنجابي Cage motors .

مثال : الملامس نوع AC-3 ذي التيار 150 أمبير يجب أن تكون له المواصفات التالية:

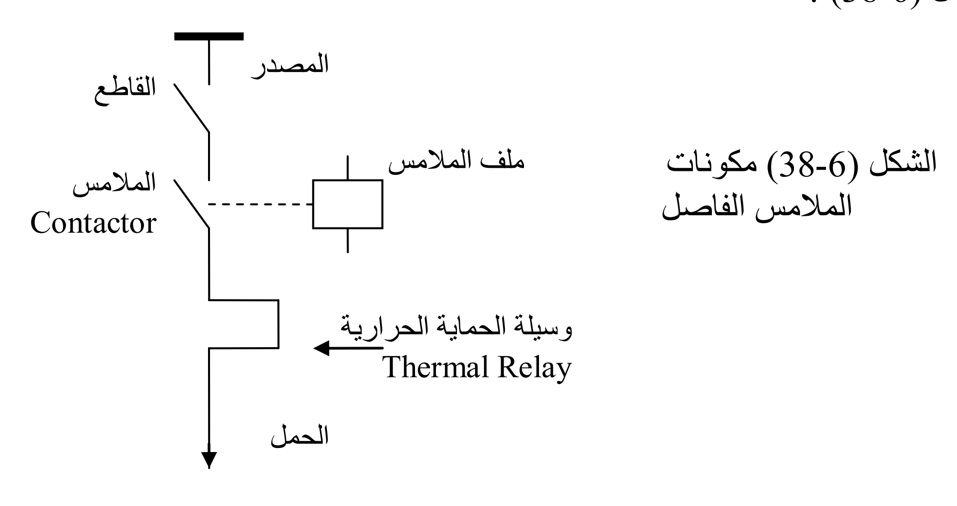
- قابلية قطع التيار Current – breaking الدنيا هي 8 I_n أي 1200 أمبير
- قابلية توصيل التيار Current –making الدنيا هي $10I_n$ أي 1500 أمبير بعامل قدرة متأخرمقداره 0.35 .

جدول (6-6) تصنيف الملامسات Contactors وفق نوع التيار

نوع التيار	تصنيف الملامس	الاستخدامات
ACمتناوب	AC-1	الاحمال غير الحثية او يكون فيها المحث ضعيف (الافران)
	AC-2	المحركات الحثية ذات الحلقات المنزلقة, بدء الحركة او الايقاف
	AC-3	المحركات الحثية ذات القفص السنجابي: بدء الحركة,الايقاف خلال الاشتغال
	AC-4	المحركات الحثية ذات القفص السنجابي: بدء الحركة ,الايقاف وتغيير اتجاه الدوران
	AC-5a	تشغيل مصابيح التفريغ الغازية
	AC-5b	تشغيل المصابيح التوهجية
	AC-6a	تشغيل المحولات
	AC-6b	تشغيل خوازن المتسعات Capacitor banks
	AC-7a	الاحمال ضعيفة المحث في الاجهزة المنزلية وما شابهها
	AC-7b	المحركات التي تستخدم في الاغراض المنزلية
	AC-8	الضاغطات المستخدمة في الثلاجات
DC مستمر	DC-1	الاحمال غير الحثية او يكون المحث فيها ضعيفاً
	DC-3	بدء الحركة لمحركات التوازي وكذلك ايقافها وتغيير اتجاه الحركة فيها
	DC-5	بدء الحركة لمحركات التوالي
	DC-6	تشغيل المصابيح التوهجية

4-6-6 الملامس الفاصل Discontactors

عندما يجهز الملامس بمرحل حماية حراري Thermal relay لغرض الحماية ضد زيادة الحمل Overloading فيسمى بالملامس الفاصل . ويستخدم هذا النوع من الملامسات للسيطرة على فتح وغلق دوائر الإنارة وتشغيل المحركات الكهربائية وتتم السيطرة عليه عن بعد . ويجب الإشارة هنا الى أن الملامس الفاصل هذا لايكافئ قاطع الدائرة الإعتيادي لأن قابليته على معالجة عطل قصر الدارة محدودة جدا . لذلك ولاجل تأمين الحماية من أعطال قصر الدارة يجب أن يربط الملامس الفاصل على التوالي مع قاطع دائرة اعتيادي أو مصهر على أن يكون القاطع أو المصهر من جهة المصدر ، لاحظ الشكل (6-38) .



الشكل (6-38) مكونات الملامس الفاصل

الفصل السابع

إختيار وسائل الحماية للتمديدات الكهربائية وتصاميم لوحات التوزيع

7-1 مقدمة

تم في الفصل السابق التعرف على وسائل الحماية التي تستخدم بصورة عامة في التمديدات الكهربائية الخاصة بالأبنية والمنشآت . في هذا الفصل سيتم التطرق الى الحسابات التصميمية في كيفية اختيار وسائل الحماية المذكورة وخاصة قواطع الدائرة للفولتية المنخفضة التي يكثر استخدامها عن غيرها في التمديدات الكهربائية لحماية الكيبلات والأسلاك والمحولات وكذلك الأجهزة والمعدات الخدمية .ولكون أن وسائل الحماية وتوزيعها في الأبنية يرتبط ارتباطا مباشرا مع لوحات التوزيع وتحديد سعاتها وانواعها فسوف نتطرق في هذا الفصل أيضا الى أنواع وتصاميم لوحات التوزيع المستخدمة في الأبنية.

7-2 إختيار سعات قواطع الدائرة الكهربائية MCB و MCCB للفولتية المنخفضة

إن إختيار سعات قواطع الدئرة لأغراض الحماية يجب أن يتم بشكل سليم لكي تؤدي هذه القواطع الوظيفة المطلوبة منها . ويعتمد الإختيار بصورة عامة على محددات تصميمية أهمها :

- عدد الأقطاب Number of poles .
- التيار الإسمي المقنن للقاطع Rated nominal current .
- عيار(ضبط) الحماية الحرارية (I_r) Thermal setting .
- عيار(ضبط) الحماية المغناطيسية (I_m) Magnetic setting .
- سعة القطع Icu أو قدرة تحمل القاطع لتيارات قصر الدارة أو مستوى العطل في المكان الذي سوف ينصب فيه القاطع .
- نوع المعدة المطلوب حمايتها (محول، كيبل ، تركيب إنارة ، محرك كهربائي........الخ).
- التوافق مع متطلبات المواصفات العالمية IEC .

1- عدد الأقطاب : يتم تحديد عدد أقطاب القاطع وفقا للبيانات الآتية :

- نوعية الشبكة المراد حمايتها :

"1ph+N"   "2ph"   "3ph "   "3ph+N"

- نوعية نظام التأريض المستخدم :

(أ) في نظام التأريض TT تكون القواطع : إما 2P أو 3P أو 4P .

(ب) في نظام التأريض TN-C تكون القواطع : إما SP أو 2P أو 3P .

(ج) في نظام التأريض TN-S تكون القواطع : إما 2P أو 3P أو 4P .

ولإجل الإطلاع على أنواع وتفاصيل هذه الأنظمة على القارئ الكريم مراجعة الفصل الثامن.

2- التيار التصميمي الأسمي :

- يحسب التيار التصميمي الإسمي للمحولات ووحدات التوليد ثلاثية الطور وفق المعادلة الآتية :

$$I_b = \frac{kVA\ x1000}{\sqrt{3}\ V_r}$$

حيث V_r = الفولتية المقننة للمحول .

- يحسب التيارالتصميمي الإسمي للمعدات والأجهزة الكهربائية كالآتي:

تيار الحمل الأقصى (Maximum load current) I_b (يسمى أيضا التيار التصميمي) : ويحسب هذا التيار على مستوى الدوائر النهائية من قدرة الحمل الظاهرية مقدرة بالكيلوفولت أمبير kVA لحمل واحد كالاتي :

للدوائر أحادية الطور

$$I_b = \frac{kVA\ x1000}{V}$$

للدوائر ثلاثية الطور

$$I_b = \frac{kVA\ x1000}{\sqrt{3}\ V_L}$$

حيث أن : V = فولتية الطور (Phase voltage)

V_L = فولتية الخط (Line voltage)

وبدلالة القدرة الفعالة P بالواط ، يكون التيار:

للدوائر أحادية الطور

$$I_b = \frac{P}{V}$$

أو

$$I_b = \frac{P}{V.\eta.pf}$$

وللدوائر ثلاثية الطور

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3}V}$$

أو

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3}\ .V.pf}$$

حيث ان :

p = القدرة بالواط

V = فولتية الطور(خط - محايد) بالفولت

V_L = فولتية خط-خط بالفولت

η = الكفاءة
pf = عامل القدرة

3- تحديد الحماية الحرارية

تؤمن الحماية الحرارية وقاية من تجاوز قيمة التيار الإسمي نتيجة للحمل الزائد (Overload) :

(أ) للمحولات ووحدات التوليد : تحدد قيمة الحماية الحرارية – I_r بتحقيق العلاقة الآتية :

$$I_r \geq \mathbf{I_b}$$

(ب) للمعدات والأجهزة :

- يتم تحديد قيمة التيار الإسمي (التصميمي) للمعدة أو الجهاز – I_b .

- يتم تحديد مقطع الناقل أو الكيبل المناسب وفقا لطريقة التركيب المذكورة في الفصل الثاني ومن ثم يتم تحديد قيمة تيار الكيبل أو الناقل I_Z (السعة التمريرية للكيبل) وهو التيار الأقصى المسموح (Maximum permissible current) الذي يستطيع الكيبل حمله لفترة طويلة دون أن يؤثر على خواصه أو عمره التشغيلي . وتعتمد هذه القيمة على عوامل عديدة لحجم معين من الكيبل منها :

- نوعية الموصل (الناقل) نحاس أو ألمنيوم ونوعية العازل وكذلك عدد النواقل .
- الحرارة المحيطة
- طريقة التركيب
- تأثير الكيبلات المجاورة

بعد ذلك يتم تحديد قيمة الحماية الحرارية - I_r المطلوبة للقاطع بتطبيق العلاقة :

$$\mathbf{I_b} \leq \mathbf{I_n} = I_r \leq \mathbf{I_Z}$$

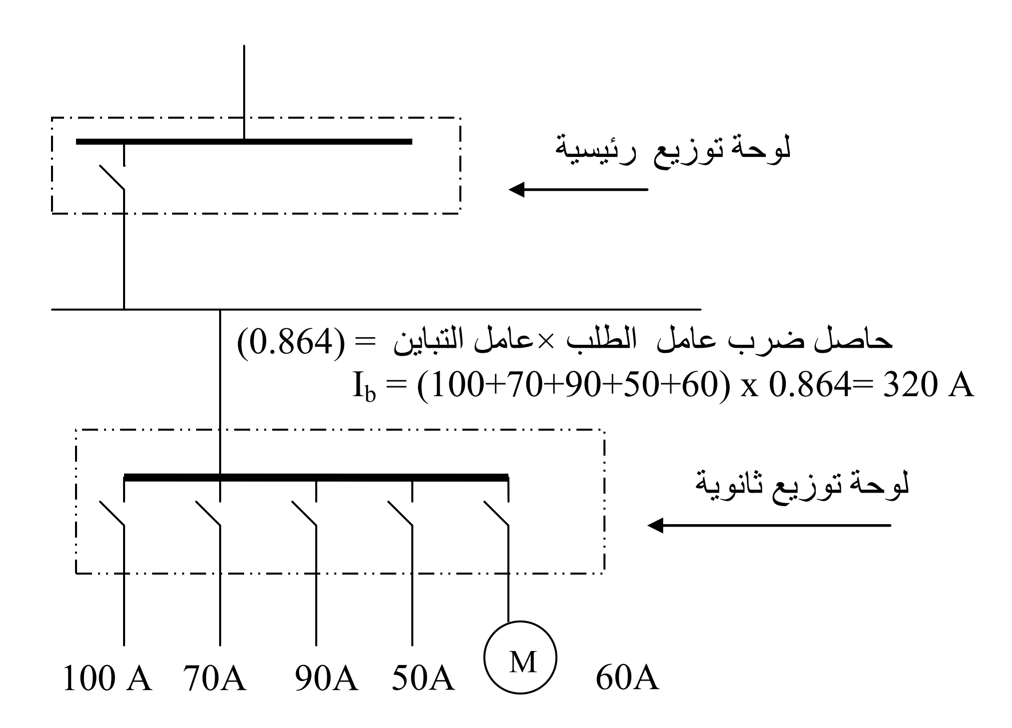
إذا كانت هناك عدة أحمال (معدات وأجهزة) مختلفة مربوطة إلى اللوحة نفسها فيجب في هذه الحالة وعند حساب التيار الكلي $\mathbf{I_b}$ المناسب من الأعلى Up streem إلى اللوحة Down streem بعد أخذ عامل الطلب وعامل التباين بعين الإعتبار،لاحظ المثال في الشكل (7-1) حيث فرض عامل طلب وعامل تباين حاصل ضربهما 0.864.

4- تحديد الحماية المغناطيسية

تؤمن الحماية المغناطيسية وقاية من التيارالمفرط Overcurrent الناجم عن الأعطال حيث تزداد قيمة التيار في الدائرة عن قيمة تيار الحمل الأقصى I_b أضعافا مضاعفة . ويجب أن يتم قطع (إبراء) هذا التيار بوقت سريع لئلا يسبب تلفا للكيبل الناقل للتيار أو الأجهزة المربوطة اليه. ويحدث التيار المفرط عادة للأسباب التالية:

1- تيارات قصر الدارة (Short-circuit currents) الناجمة عن الأعطال المعروفة التي سبق مناقشتها في الفصل الثاني (الكيبلات والأسلاك الكهربائية).

2- عطل تيار الأرض Earth Fault current .



الشكل (7-1) مثال على حساب تيار الحمل الأقصى I_b .

وتحدد قيمة الحماية المغناطيسية بقيمة تيار قصر الدارة الأدنى (الأصغر) I_{scmin} الذي يحدث عندما يكون القصر بين أحد الأطوار والسلك المحايد (Neutral) أو أحد الأطوار وسلك الحماية الأرضي PE وفي أبعد نقطة عن مصدر التغذية ، لاحظ الشكل(7-2) . وعلى هذا الأساس يتم تحديد قيمة I_{scmin} باستخدام العلاقة الآتية:

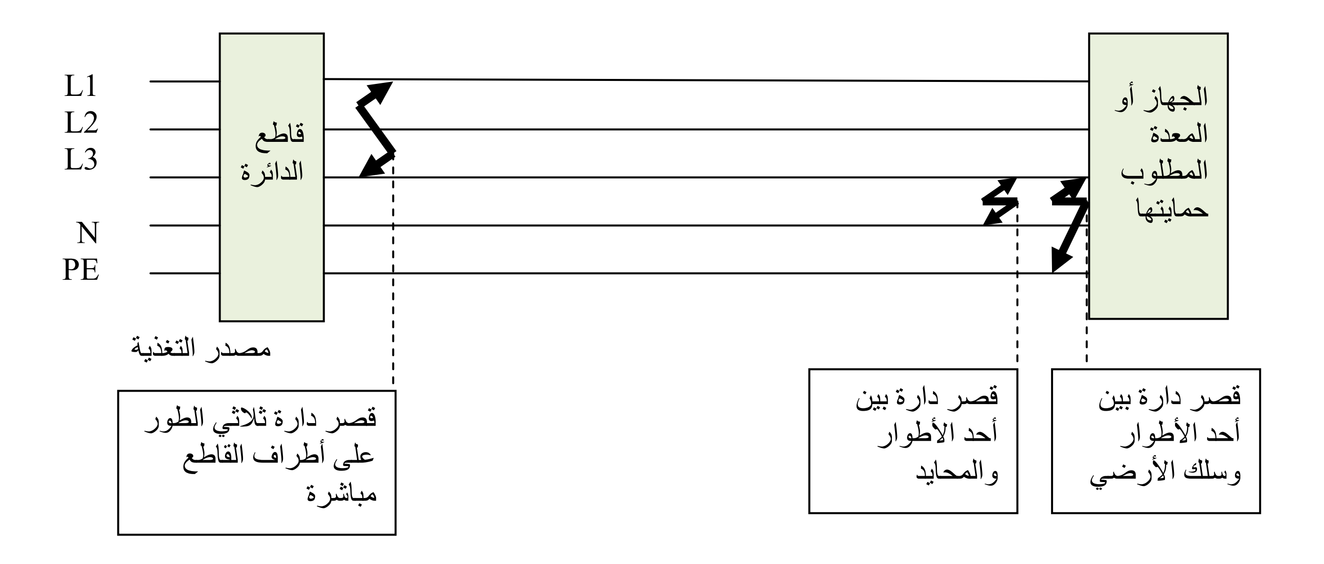
$$I_{scmin} = c.(V/ Z_{scm})$$

حيث أن :

V= الفولتية بين الطور والمحايد

Z_{scm} = مجموع الممانعات لدائرة القصر لسلكي الطور والمحايد أو الطور والأرضي بدءاً من مصدر التغذية وحتى نقطة القصر.

c = عامل يمثل نسبة هبوط الفولتية أثناء العطل وتتراوح قيمته بين 5 – 20% .



الشكل (7-2) قصر الدارة القريب والبعيد عن مصدر التغذية .

ولإجل تحديد قيمة الحماية المغناطيسية للمحولات ووحدات التوليد وكذلك الأجهزة والمعدات نستخدم العلاقة الآتية:

$$I_m \leq I_{scmin}$$

وتؤخذ عادة نسبة سماح مقدارها 20% لقيمة المعايرة المغناطيسية وفق النظام الدولي IEC-947-2 .

5- تحديد سعة القطع (المزق) Breaking Capacity لقاطع الدائرة (Icu)

تحدد سعة القطع Icu لقاطع الدائرة بحساب تيار القصر الأعظم I_{scmax} عندما يكون العطل بين الأطوار الثلاثة وقريب من مصدر التغذية $I_{scmax} = V/Z_{sc}$ ومن ثم إستخدام العلاقة الآتية:

$$Icu \geq I_{scmax}$$

Z_{sc} = ممانعة دائرة القصر لسلكي الطور والمحايد أو الطور والأرضي القريبة من مصدر التغذية .

6- تحديد التيار المقرر (الإسمي) للقاطع

كمرحلة أخيرة يحدد التيار المقرر للقاطع I_{ncb} أو السعة الإطارية بتحقيق العلاقة الآتية:

$$I_{ncb} \geq I_r$$

ويوضح الشكل (7- 3) العلاقة بين التيارات الواردة في أعلاه لقاطع دائرة نموذجي نوع MCB الحماية الحرارية فيه ثابتة وغير قابلة للتغيير(I_r). ويعطي الملحق – م4 خواص الزمن / التيار لأنواع هذه القواطع المصنعة وفق المواصفات القياسية البريطانية وما يعادلها.

مثال 7-1

دائرة كهربائية ذات طور واحد 230 فوات تغذي حمل معين بواسطة كيبل قياس 6 ملمتر مربع بعازل XLPE . تم تغذية الدائرة من لوحة توزيع فرعية ممانعة قصر الدارة القريبة لها 0.028 أوم ، فإذا كان طول الدائرة 35 متر وكان المطلوب حمايتها ضد زيادة الحمل وقصر الدارة بواسطة قاطع MCB نوع B ، سعة 40 أمبير ، إحسب سعة القطع المطلوبة لهذا القاطع .

الحل : من الفقرة 5 أعلاه تكون سعة القطع للقاطع $\mathbf{Icu} \geq \mathbf{I_{scmax}}$

نجد الآن قيمة Icu :الاتي :

$$I_{\text{smax}} = \frac{\text{V}}{\text{Z}_{\text{sc}}} = \frac{230}{0.028} = 8214 \text{ A}$$

لذا نختار القاطع بسعة قطع Icu = 10000A .

إختيار سعات قواطع MCCB

أما القواطع المقولبة MCCB فتكون الحماية الحرارية والمغناطيسية كلاهما قابلة للتغيير والضبط ،لذا تكون خواصها على شكل مساحة وليست خطاً كما في الشكل (7-4) .وتكون قيمة تيار الضبط للحماية الحرارية الأول $I_{r1} = 1.15\ I_r$ ، والتيار الثاني $I_{r2} = 1.45\ I_r$ حسب شروط القطع (المزق) للنظام الدولي "IEC898" .

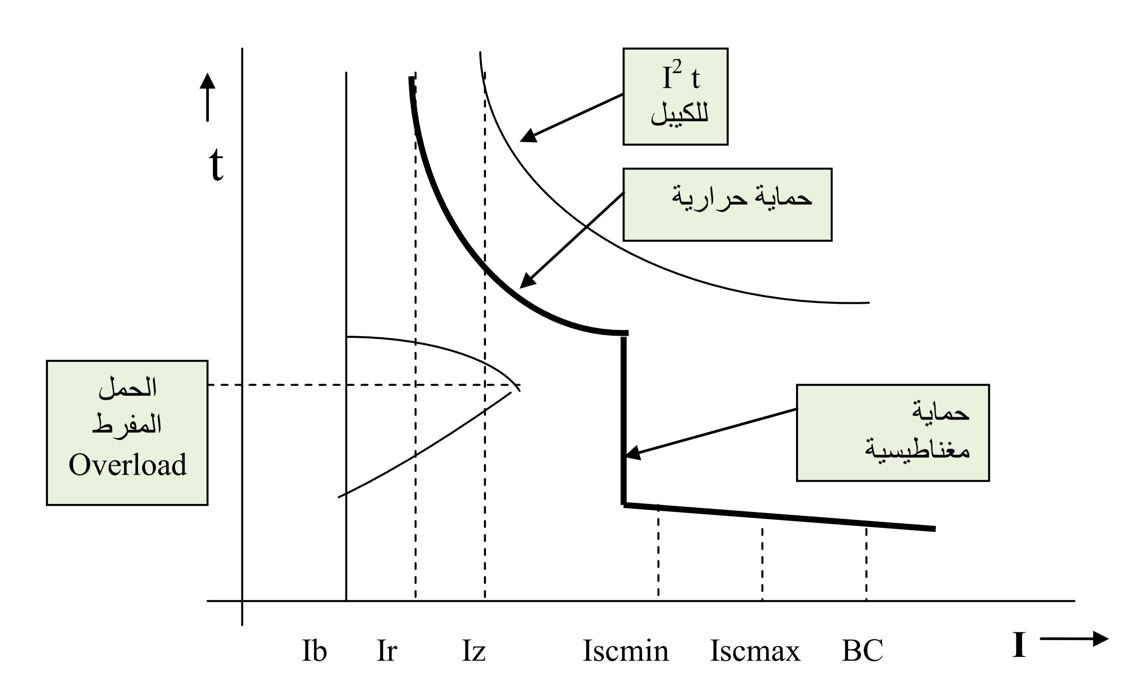
خلاصة القاعدة العامة لإختيار سعة القاطع أوالمصهر

مما سبق نستنتج أن القاعدة العامة المتبعة في اختيار القاطع هي :

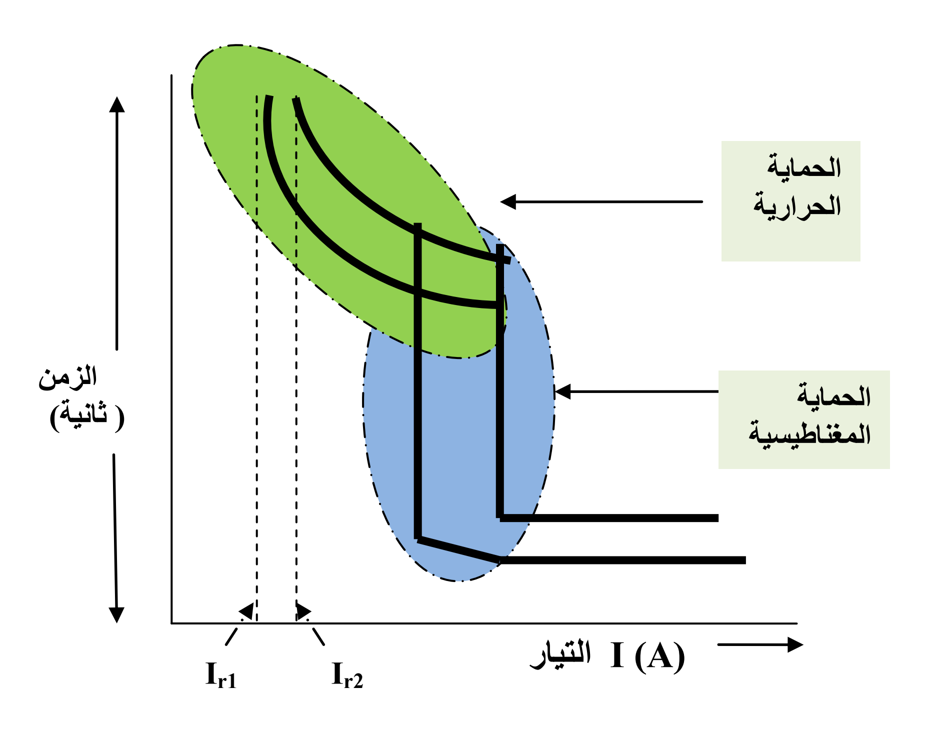
(أ) أن يكون التيار الإسمي للقاطع (Nominal current) I_n أكبر من تيار الحمل الأقصى I_b (التيار التصميمي) وأقل من السعة التمريرية I_Z المسموح للسلك أو الكيبل ، أي أن :

$$I_b \leq I_n \leq I_Z$$

(ب) أن يكون التيار التقليدي الزائد ($\mathbf{I_{r2}}$) الناجم عن زيادة الحمل Overload المطلوب لإفلات القاطع أقل من $\mathbf{1.45\ I_n}$. وهذا المتطلب ينطبق أيضا على جميع أنواع المصاهر عدا المصهر شبه المغلق المصنوع طبقا للمواصفة البريطانية BS3036 أو ما يعادلها ، والسبب في ذلك أن هذا



الشكل (7- 3) العلاقة بين التيارات لقاطع دائرة نموذجي نوع MCB .



الشكل (7-4) خواص قاطع دائرة نموذجي نوع MCCB .

النوع من المصاهر لايعمل تحت ظروف تيار الحمل الزائد إلا اذا بلغ التيار المار خلاله ضعف قيمة التيار المقرر له أي $2xI_n$ ، فمثلا لمصهر شبه مغلق مقرره 10 أمبير لايعمل الا اذا مر خلاله تيار مقداره 2×10 = 20 أمبير. وعند اختيار هذا النوع من المصاهر يستوجب إستخدام عامل صهر مقداره 0.725 عند استخدامه لحماية الكيبلات والاسلاك الكهربائية (الرقم 0.725 مستخرج من كون أن معدل

عامل الانصهار للمصهر هو 2 وعليه يكون :0.725=1.45/2). لذا بالنسبة للمصاهرشبه المغلقة يجب ان يكون التيار الإسمي لها وفق المعادلة :

$$I_n \leq 0.725\ I_Z$$

(ج) أن تكون سعة القطع (المزق) لقصر الدارة للقاطع I_{SCB} أصغر من مستوى تيارقصر الدارة I_{SC} في منطقة الحماية ، أي أن : $I_{SCB} \leq I_{SC}$.

مثال 7-2 :

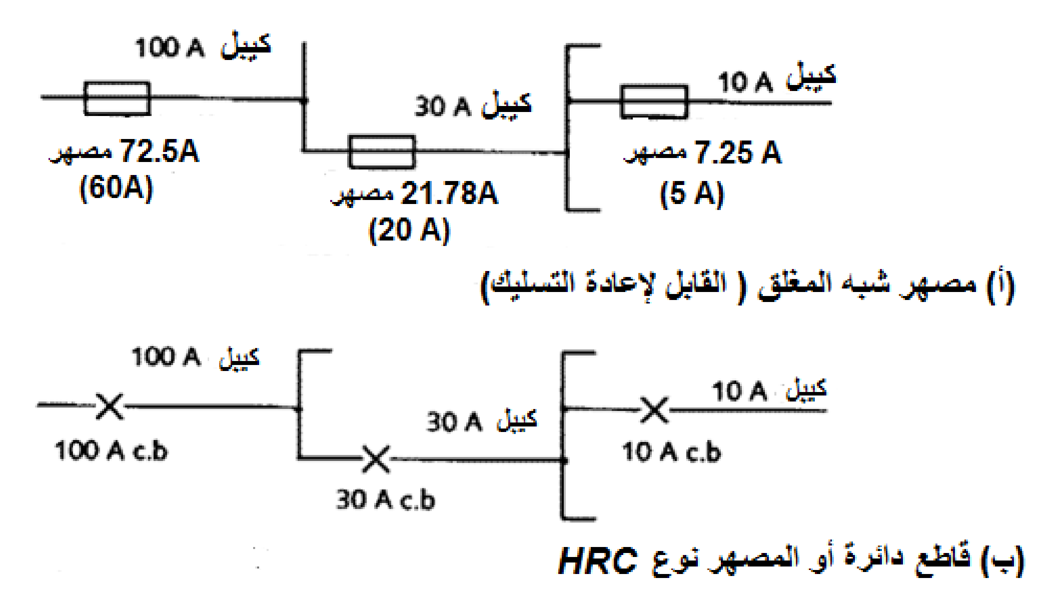
دائرة كهربائية تسحب تيار مقداره 14 أمبير يراد حمايتها بمصهر شبه مغلق ، أحسب مقرر المصهر و سعة التيارالتمريري الذي يحسب عليه مقطع الكيبل المغذي لتلك الدائرة.

الحل: أقرب مصهر شبه مغلق متوفر لحماية الدائرة هو 15 أمبير . لذلك نستخدم هذا التقنين للمصهر الذي سوف يعمل عندما يمر به تيار مقداره 2× 15 = 30 أمبير .

لغرض حساب مقطع الكيبل المطلوب فان قيمة التيار الذي يتوجب أن يحمله السلك = $\frac{\text{مقررالمصهر}}{0.725}$ =

15/ 0.725 = 20.69 أمبير.

ويبين الشكل (7-5) مقارنة بين استخدام المصهر شبه المغلق مع قاطع دائرة لحماية كيبلات لها السعة التيارية نفسها.



الشكل (7-5) مقارنة بين استخدام مصهر شبه مغلق مع قاطع دائرة لكيبلات لها السعة التيارية نفسها.

3-7 حسابات تيار قصر الدارة المبسطة لإختيار سعات قواطع الدائرة للمحولات الكهربائية

1-3-7 - حسابات تيارقصر الدارة على اطراف محول مباشرة :

تفيد حسابات تيار قصر الدارة للمحولات في اختيار سعات القطع لقواطع الدائرة الكهربائية وكذلك في اختيار أحجام الكيبلات. فبعد اختيار سعة المحول الملائمة مقدرة بالقدرة الظاهرية (kVA) يجب معرفة نسبة الممانعة لهذا المحول. وتعرف نسبة الممانعة هذه كونها تحدد نسبة الفولتية التي يجب تسليطها على اطراف الملف الابتدائي للمحول لتسبب امرار التيار المقنن للمحول في الملف الثانوي عندما يكون الاخير مقصوراً (Short - circuited) فمثلا:

محول أحادي الطور خافض للفولتية 220/1000 فولت ونسبة الممانعة 4% .

ذلك يعني ان 4% من الفولتية المقررة للملف الثانوي (أي 4% من 1000 فولت= 40 فولت = $\%V_{sc}$)

سوف تسبب امرار تيار مقرر في الملف الثانوي عندما يكون الاخير مقصوراً.

فاذا كانت فولتية مقدارها 40 فولت تسبب مرور التيار المقرر, عليه فان 1000 فولت سوف تسبب سريان تيار= 1000÷ 40 = 25 مرة بقدر التيار المقرر. أي أن مضاعفات التيار المقرر=100 % ÷ 40%= 25. وبناء عليه وكتقريب أولي يفرض ان تكون ممانعة جهة الفولتية العالية للمحول صغيرة جدا بحيث يمكن إهمالها ، وبفرض أن قصر الدارة يحدث على جهة الفولتية العالية ، عندئذ يمكن إستعمال العلاقات التالية لغرض حساب تيار القصر للمحولات :

$$I_{sc} = (I_n \ / V_{sc}) \, x100$$

حيث أن

$$I_n = \frac{Sx\ 10^3}{\sqrt{3}\,V_o}$$

S = مقرر المحول kVA

V_o= فولتية الطرف الثانوية في حالة اللاحمل (دائرة مفتوحة)

I_n = التيار الاسمي

V_{sc}= فولتية ممانعة دارة القصر لمحول كنسبة مئوية % .

ويعطي الجدول (7-1) القيم النموذجية لنسبة الفولتية V_{sc} لمحولات توزيع إعتيادية.

جدول (7-1) قيم نموذجية لنسبة الفولتية V_{sc} لمحولات مختلفة لها ملفات فولتية عالية ذات فولتية مساوية الى 20 كيلوفولت أو أصغر منها.

سعة (تقنين) المحول kVA	نسبة الفولتية $V_{sc}\%$	
	نوع المحول	
	مغمور بالزيت	جاف (cast resin)
300- 50	%2	%6
800-400	%4	%6
1500-1000	%5	%6
2500 - 1600	%6	%6

مثال 7 – 3:

محول زيتي سعة 400 ك.ف.أ ، 400/11000 فولت في حالة اللاحمل ، إحسب تيار قصر الدارة لهذا المحول على جهة الفولتية المنخفضة 400 فولت.

$$I_n = \frac{kVA\ x\ 1000}{\sqrt{3}\ \ xV_o} = \frac{400\ x1000}{\sqrt{3}x400} = 577.3A$$

من الجدول (7-1) نجد أن لمحول سعة 400 ك.ف. أ ، $V_{sc} = 4\%$ ، عليه يكون تيار قصر الدارة :

$$I_{sc} = \frac{577.3\ x\ 100}{4} = 14.434\ kA$$

ويعطي الجدول (7-2) تيار قصر الدارة على أطراف محولات التوزيع المستخدمة في تغذية الأبنية والمنشآت بفرض ان هذه المحولات تكون فولتية الثانوي (الفولتية المنخفضة) لها هي 400 فولت وبتردد 50 هرتز. أما جهة الفولتية العالية فتكون الفولتية فيها أصغر من 20 كيلوفولت أو مساوية لها.

مثال 7 – 4 :

محول توزيع 250 ك.ف.أ ، 11000/ 400 فولت ،50 هرتز ، إحسب مقرر قاطع الدائرة للفولتية المنخفضة اللازم لحمايته وكذلك مقرر تيار قصر الدارة المطلوب.

الحل: من الجدول (7-2) نجد أن التيار المقرر لهذا المحول $I_n = 360$ أمبير ، عليه نختار قاطع بسعة إطارية 400 أمبير مع وسيلة معايرة (ضبط) بمدى 250 – 400 أمبير .

ومن الجدول نفسه نجد ان تيار قصر الدارة لهذا المحول $I_{sc} = 18$ كيلو أمبير ، لذا نختار قاطع لا تقل سعة القطع لقصر الدارة له عن 20 كيلوأمبير.

وكقاعدة عامة يتم اختيار قاطع ذي تيار قصم (مزق) $I_{cu} = 1.6\ x\ I_{sc}$ للأمان ، عليه سوف يكون مقرر القاطع اعلاه $I_{cu} = 1.6\ x\ 20\ kA = 32\ kA$.

7-3-2- محولات مربوطة على التوازي

عندما تربط عدة محولات على التوازي كما في الشكل (7-6) نلاحظ الآتي:

- عند حدوث عطل قصر دارة في النقطة F_1 على المغذي الخارج الأول ،يكون تيار العطل عبارة عن مجموع تيارات العطل الخارجة من المحولات الثلاثة أي أن: $I_{f1} = I_{sc1} + I_{sc2} + I_{sc3}$

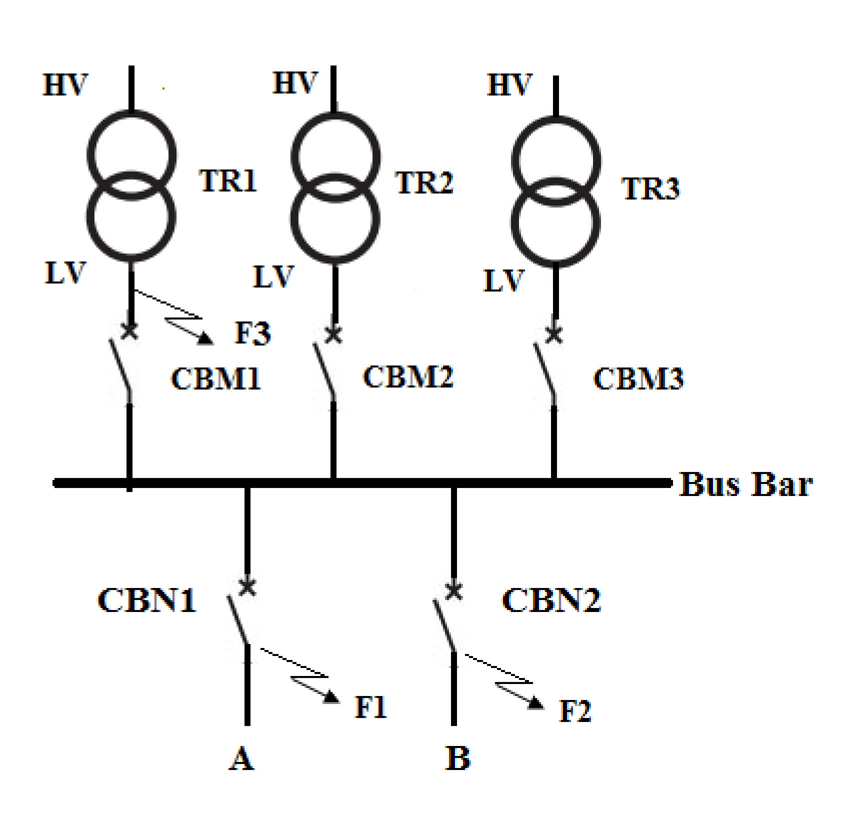
عليه فإن القاطع CBM1 يجب أن يتحمل I_{f1} . والشيء نفسه ينطبق على القاطع CBM2 عند حصول عطل عند F_2 .

الجدول(7-2) تيار قصر الدارة على أطراف محول توزيع .

قدرة المحول kVA	الفولتية المنخفضة (فولت)	التيار المقرر I_n بالأمبير	نسبة الفولتية $V_{sc}\%$	تيار قصر الدارة I_{sc} (kA)
100	400	144.3	2	7.21
150	400	216.45	2	10.82
250	400	360.75	2	18.03
300	400	432.9	2	21.645
400	400	577.2	4	14.43
500	400	721.5	4	18.03
600	400	865.8	4	21.64
800	400	1154.4	4	28.86
1000	400	1443	5	28.86
1250	400	1803.75	5	36.07
1500	400	2164.5	5	43.29
2000	400	2886	6	48.10
2500	400	3607.5	6	60.12

عند حدوث عطل قصر دارة في النقطة F_3 على أطراف المحول الأول TR1 مثلا ، فإن المحول TR1 سوف يقوم بتغذية نقطة العطل من جهته . أما المحولان TR2 و TR3 فسوف يقومان بتغذية العطل عن طريق القاطع CBM1 الذي سوف يتحمل تياراً مقداره: $I_{f3} = I_{sc2} + I_{sc3}$.

.



الشكل (7-6) مجموعة محولات على التوازي .

مثال 7 – 5:

ربطت ثلاثة محولات على التوازي قدرة كل منها 800 ك.ف.أ وفولتياتها المقننة 400/11000 فولت وكما موضحة في الشكل (7-7) .إحسب مقررات قواطع الدائرة الرئيسية والفرعية اللازمة وكذلك سعات القطع (المزق) لتيار قصر الدارة.

الحل : من الجدول (7-2) نجد أن التيار المقرر لمحول 800 ك.ف.أ هو 1154 أمبير تقريبا ، وتيار قصر الدارة له هو 28كيلو أمبير . لذا نختار قاطع رئيسي لكل محول CBM كالآتي:

مقرر القاطع المطلوب = 1250 أمبير كسعة إطارية .

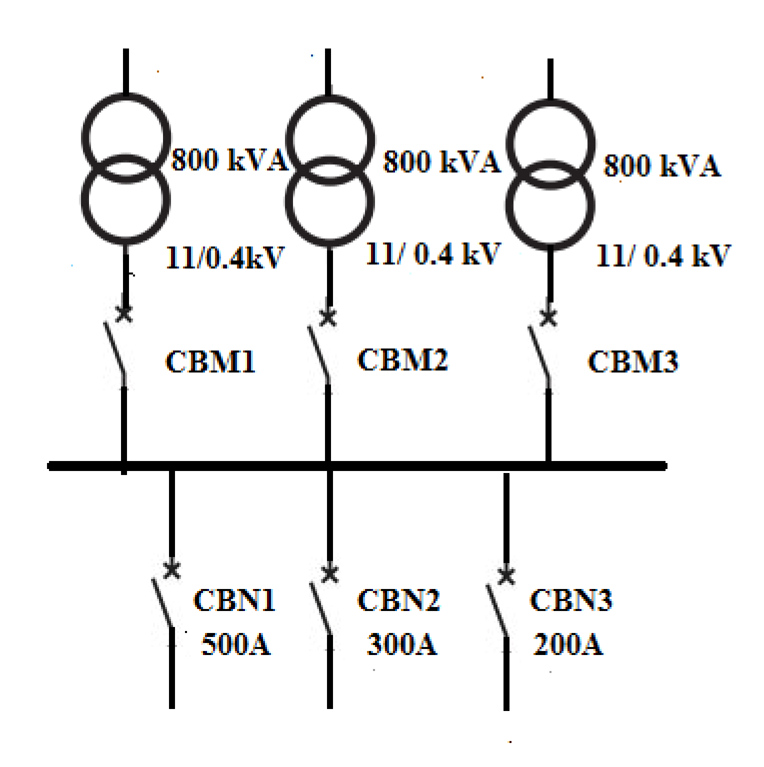
سعة القطع = $1.6 \times 28 = 46$ كيلو أمبير، عليه نختار قاطع ذي سعة قطع $I_{cu} = 50$ كيلو أمبير .

أما بالنسبة للقواطع الفرعية فيكون الأختيار كالآتي:

CBN1 : 500 أمبير كسعة إطارية ، وسعة قطع $I_{cu} = 150$ كيلوأمبير .

CBN2: 300 أمبير كسعة إطارية ، وسعة قطع $I_{cu} = 150$ كيلوأمبير

CBN3 : 200 أمبير كسعة إطارية ، وسعة قطع $I_{cu} = 150$ كيلوأمبير



الشكل (7-7) مقررات القواطع للمثال 7-5 .

7-3-3 محول مربوط الى لوحة توزيع عن طريق كيبل

في حالة تغذية محول للوحة توزيع DB عن طريق كيبل لمسافة لاتزيد عن 10 متر ، هنا يتم اختيار مقرر قاطع الدائرة باهمال هبوط الفولتية الناجم عن الكيبل .أما الحماية ضد تيار العطل فيجب ان يتم التحقق من أن المغذي (الكيبل أو السلك المستخدم) يجب أن يكون قادرا على تحمل تيار قصر الدارة أو تيار العطل من المعادلة الحرارية المعطاة في الفصل الثاني (بعد معرفة زمن عمل وسيلة الحماية) :

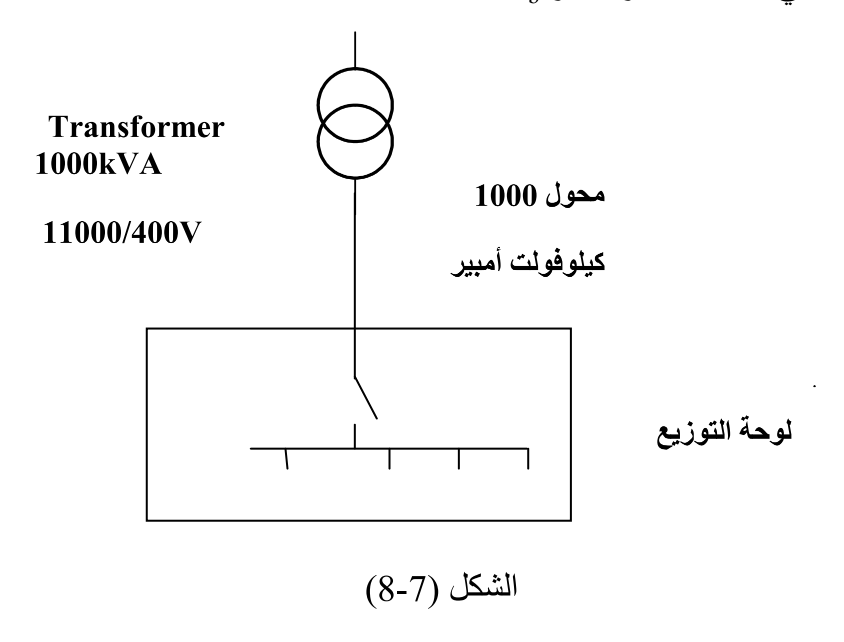
$$I_{sc} = \frac{K.A}{\sqrt{t}}$$

حيث يتم من هذه المعادلة حساب أصغر مساحة مقطع A للكيبل المطلوب لتحمل تيار العطل ومقارنته مع حجم المغذي المختار .فاذا كان حجم المغذي أكبر من A فانه يكون مناسبا كما سيتم توضيح ذلك في الأمثلة المحلولة الآتية :-

مثال 7 – 6 :

محطة ثانوية تحتوي على محول 11/0.4 kV قدرة 1000kVA يغذي لوحة توزيع رئيسية للفولتية المنخفضة MDB ، تبعد عن المحول مسافة 10 متر ، بوساطة كيبل قياس [(3(3C240 ويعني هذا الرمز9 كيبلات مفردة قياس 240 ملم^2 لكل منها أي 3 منها لكل طور] ، أنظر الشكل (7 – 8) ، وضعت هذه الكيبلات متجاورة على حامل مثقب (صينية) .إحسب مقرر ونوع قاطع الدائرة الرئيسي اللازم للحماية علما أن فولتية المحول في حالة اللاحمل للملف الثانوي هي 420 فولت .

الحل: نحسب في البداية مقدار التيار I_b



الشكل (7-8)

$$I_b = \frac{kVA x 10^3}{\sqrt{3}V} = \frac{1000x 10^3}{\sqrt{3}x 420} = 1374A$$

من الجدول (2-13) - الفصل الثاني- نجد عامل التخفيض من أجل المجموعة لطريقة المد أعلاه = 0.82

التيار الفعلي للكيبل هو: $I_b^` = \frac{1374}{0.82} = 1675.6A = I_Z$

وبموجب هذا التيار نختار قاطع ثلاثي الطورنوع MCCB بحيث يكون مقرره محقق للشرط :

$$\mathbf{I_b \leq I_n \leq I_Z}$$

لذا يكون مقرر القاطع المناسب هو 1600A .

مثال 7 –7 :

أراد مستهلك نصب سخان كهربائي 9 كيلو واط بفولتية 230 فولت (طور واحد) في منزله وكان المنزل يحتوي على لوحة توزيع ذات 8 طرق وكل طريق محمى بقاطع دائرة، وتتضمن هذه اللوحة قاطعين احتياط . يبعد السخان عن لوحة التوزيع بمسافة 28 متر. إحسب مقرر القاطع اللازم للحماية وكذلك حجم السلك أو الكيبل المستخدم؟

الحل: نحسب أولا مقدار التيار التصميمي أو تيار الحمل الأقصى I_b :

I_b = P/V = 9000/230 =39 A

- اختيار وسيلة الحماية :

اقرب وسيلة حماية هي قاطع دائرة مصغر MCB سعة 40 امبير نوع B عليه نختار هذا القاطع ليحقق المتطلب : $I_n \geq I_b$.

- اختيار حجم الكيبل او السلك :

نختار كيبل نوع PVC ثلاثي القلب (اثنان للخط والمحايد والثالث للتأريض) .
بما ان مقدار التيار التصميمي هو 39 أمبير وبفرض ان عوامل التجاور(المجموعات) وغيرها من العوامل المؤثرة على سعة حمل التيار للكيبل تساوي جميعها واحد (1). وعلى فرض أيضا ان طريقة التمديد هي C ، ودرجة الحرارة المحيطة لا تتجاوز 30 درجة مئوية لذا نختار أقرب قيمة لهذا التيار من الجدول (2- 9) – الفصل الثاني وهي (43 أمبير) وهي القيمة المقابلة للكيبل حجم 6 ملم2.
وللتاكد من ان حجم هذا الكيبل سوف يحقق متطلبات هبوط الفولتية نستخدم المعادلة التالية لحساب هبوط الفولتية:

$$\Delta V = Voltage\ drop = \frac{mVxI_bxL}{1000}$$

من الجدول (2-24)- الفصل الثاني نجد أن الكيبل قياس 6 ملمتر يعطي هبوط فولتية مقداره 6.391 ملي فولت/أمبير/متر عليه فان مقدار الهبوط بالفولتية يكون:

$$\Delta V = \frac{6.391x39x28}{1000} = 6.97V$$

وبما أن الحد المسموح به لهبوط الفولتية لمعدات القدرة هو 5% من الفولتية العاملة ومقداره (230x5% =11.5V) لذا فان ΔV هنا هي ضمن الحد المسموح .

الخطوة التالية هي التأكد من أن حجم الكيبل أو السلك الذي تم اختياره يستطيع تحمل التأثيرات الحرارية الناجمة عن عطل قصر الدارة ، وهذا يتم كالآتي :

نجد أولا ممانعة الكيبل 6 ملم^2 من الجدول (2-24) وهي 3.69 أوم / كيلومتر . لذا تكون ممانعة الكيبل ذهابا وإيابا (2x3.69 = 7.92) أوم / كيلومتر . على هذا الأساس تكون ممانعة الكيبل الكلية :

$$Z_c = \frac{28x7.92x1.2}{1000} = 0.2479\Omega$$

(العامل 1.2 هو لتحويل الممانعة من درجة حرارة 30 مئوية الى درجة 70 مئوية وهي درجة حرارة الكيبل نوع PVC).

الآن نحسب تيار قصر الدارة :

$$I_{sc} = \frac{V}{Z_c} = \frac{230}{0.2479} = 926.7A$$

كذلك نحسب أصغر مساحة كيبل يمكنه تحمل تيار القصرهذا من المعادلة الحرارية المعطاة في الفصل الثاني:

$$I_{sc} = \frac{K.A}{\sqrt{t}} \qquad \rightarrow \qquad A = \frac{I_{sc}.\sqrt{t}}{K}$$

حيث K=115 وهو ثابت لكيبلات النحاس ، وبفرض أن القاطع 40 أمبير الذي تم اختياره للحماية يفصل التيار الزائد عن 40 أمبير بزمن قدره 0.1 ثانية نجد من المعادلة أعلاه :

$$A = \frac{I_{sc}.\sqrt{t}}{K} = \frac{927.2x\sqrt{0.1}}{115} = 2.54\ mm^2$$

عليه يكون الكيبل 6mm^2 الذي تم اختياره مناسباً جدا لتحمل تيار قصر الداره لفترة 0.1 ثانية لأنه أكبر حجما من الكيبل 2.5mm^2 .

4-3-7 حسابات قصر الدارة الثلاثي الطور المبسطة لإيجاد قيمة تيار القصر Isc في اي نقطة ضمن التمديدات الكهربائية من جهة الفولتية المنخفظة باستخدام طريقة الممانعة

Three-phase short-circuit current (Isc) calculation at any point within a LV installation using impedance method

ذكرنا سلفا أن حسابات قصر الدارة في اجزاء التمديدات الكهربائية مهمة جدا لغرض الإختيار المناسب لقواطع الدائرة ومقاطع الكيبلات الرئيسية . وفي ما يأتي شرحا لكيفية حساب تيار القصر في أي جزء من التمديدات باستخدام طريقة الممانعة الكهربائية Z ليتسنى للمصم اتباعها .

بالنسبة للتمديدات ثلاثية الطور يمكن حساب تيار القصر وفق المعادلة الآتية :

$$Isc = \frac{V_{20}}{\sqrt{3}Z_T}$$

حيث أن :

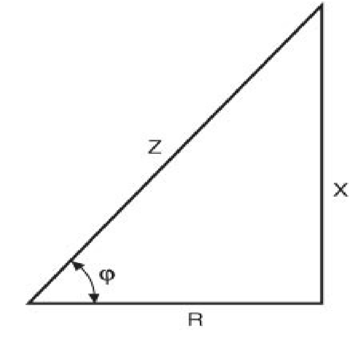
V_{20}= فولتية المصدر(المحول) الرئيسية (خط – خط) في حالة كونه غير محمل وهذه تكون عادة 5% أكثر من فولتية المحول في حالة الحمل ، فمثلا إذا كانت الفولتية في حالة الحمل 400 فولت(خط – خط) تكون الفولتية في حالة اللاحمل 420 فولت وتكون فولتية الطور (خط – محايد) $V/\sqrt{3} = 242.5$ V .

Z_T= الممانعة الكلية للدائرة من نقطة العطل صعودا الى المصدر الرئيسي Upstream أو شبكة التغذية.

طريقة حساب الممانعة الكلية Z_T

نحن نعرف من دراستنا في الهندسة الكهربائية لدوائر التيار المتناوب أن كل مكونة Component من مكونات الدائرة الكهربائية وهنا يقصد بها كل جزء من أجزاء التمديدات مثل شبكة المصدر الكهربائي الرئيسية ، المحول ، الكيبل ، المحرك، قضبان التوزيع ، قاطع الدائرة ، الخ لها ممانعة كهريائية Z تتضمن عنصر المقاومة R وعنصر المفاعلة الحثية X . وهنا يجب الإنتباه إلى أن المفاعلة السعوية الناتجة عن المتسعات (المكثفات) Xc غير مهمة في دوائر التمديدات وتهمل قيمتها عموما لندرة وجودها . أما العلاقة بين الممانعة ومكوناتها فتمثل بمثلث قائم الزاوية كما موضح في الشكل (7-9) .

حيث تكون قيمتها بصورة عامة $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$.



الشكل (7-9) مثلث الممانعة القائم الزاوية .

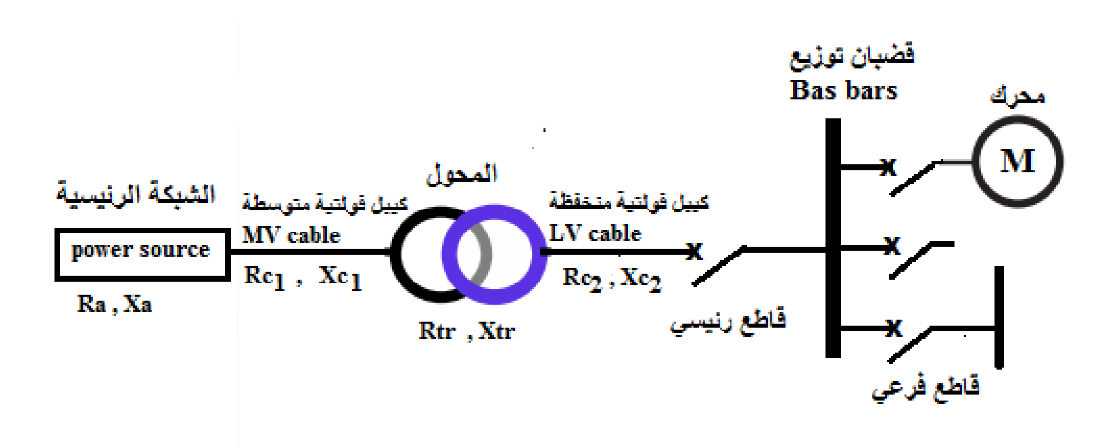
تأمل منظومة تغذية وتوزيع بسيطة كالتي في الشكل (7- 10) ؛ تتألف من مصدر رئيسي للتغذية (شبكة كهربائية) تابعة لشركة الكهرباء بفولتية متوسطة (33kV أو 11kV) تغذي محول عن طريق كيبل

فولتية متوسطة ، ويغذي المحول بدوره لوحة توزيع للفولتية المنخفضة 400V عن طريق كيبل فولتية منخفضة . تحتوي اللوحة على القاطع الرئيسي وقضبان توزيع وقواطع ثانوية تغذي احداها محركا كهربائيا ثلاثي الطور.

ألآن سنشرح تمثيل ممانعة كل جزء من أجزاء المنظومة وكيفية حساب تيار القصر لها وسنبدأ بالشبكة الرئيسية التي يطلق عليها غالبا (مسار التيار من الجهة العليا Upstream) .

1- الشبكة الرئيسية : في كل الأنظمة القياسية الدولية تتم حسابات القصر على اساس عطل ثلاثي الطور متماثل كونه أقسى انواع الأعطال . ويتم الحصول على قيمة مستوى العطل لهذا النوع من الأعطال للشبكة الرئيسية من شركة الكهرباء نفسها مقدرا بـالقدرة الكهربائية Psc ووحداته إما kVA أو MVA.ومن مستوى العطل هذا يتم احتساب قيمة الممانعة المكافئة للشبكة منسوبة لجهة الفولتية المنخفضة LV باستخدام المعادلة التالية :

$$Zs = \frac{V_o^{\ 2}}{Psc}$$



الشكل (7 – 10) شبكة تمديدات بسيطة.

حيث :

Zs = ممانعة الشبكة الرئيسية .

Vo = فولتية المحول لجهة الثانوي (خط – خط) – الفولتية المنخفضة في حالة كون المحول غير محمل.

Psc = مستوى عطل قصر الدارة ثلاثي الطور مقدرا بالـ kVA .

- يتم إهمال مقاومة الشبكة الرئيسية Ra لصغر قيمتها مقارنة بالمفاعلة Xa ، وفي العموم تؤخذ قيمة كل من : Xa = 0.995 Za و Ra = 0.1 Xa .

- لتبسيط الحسابات يعطي الجدول (7- 3) قيم Xa و Ra للشبكة الرئيسية لمستويين من عطل قصر الدارة 250 MVA و500 MVA اللذان يعتبران من القيم الشائعة لشركات الكهرباء على مستوى التوزيع للفولتية المتوسطة ولغاية 36 kV .

الجدول (7- 3)

Psc	Vo (V)	Ra (mΩ)	Xa (mΩ)
250 MVA	420	0.07	0.7
500 MVA	420	0.035	0.351

2- ممانعة المحول Ztr : يتم احتساب ممانعة المحول منسوبة لجهة الثانوي (الفولتية المنخفضة) باستخدم المعادلة الآتية :

$$Ztr = \frac{{V_{20}}^2}{Pn} \times \frac{Vsc}{100}$$

حيث أن :

V_{20} = فولتية الدائرة المفتوحة لثانوي المحول (فولت)

Pn = سعة (قدرة) المحول المقننة بالـ kVA

Vsc= فولتية ممانعة قصر الدارة مقدرة بالنسبة المئوية (نسبة الفولتية المعطاة في الجدول (7 – 1)) .

أما مقاومة المحول Rtr فيمكن حسابها من المعادلة :

$$Rtr = \frac{Pcu \times 10^3}{3In^2}$$

حيث أن :

Pcu = المفاقيد الكلية للمحول بالواط

In = تيار الحمل التام الأسمي للمحول

Rtr = مقاومة طور واحد للمحول (ملي أوم)

وتحسب Xtr من المعادلة

$$Xtr = \sqrt{Ztr^2 - Rtr^2}$$

ويعطي الجدول (7 – 4) قيما للمقاومة والمفاعلة لمحولات توزيع قياسية شائعة الإستخدام لمساعدة المهندس المصمم في حسابات قصر الدارة .

3- ممانعة قاطع الدائرة : بالنسبة لقاطع الدائرة تؤخذ مفاعلته عادة ومقدارها 0.15 mΩ وتهمل مقاومته، وفي كثير من الأحيان تهمل ممانعته كليا .

4- ممانعة قضبان التوزيع : لدوائر الفولتية المنخفضة تهمل مقاومة قضبان التوزيع دائما أما المفاعلة فتؤخذ عادة بما مقدارها 0.15 mΩ لكل متر تقريبا وتزداد المفاعلة بمقدار 10 في المائة إذا تضاعف التباعد بين القضبان.

- ممانعة موصلات الدائرة (الكيبلات والأسلاك) : يتم حساب ممانعة للكيبلات والأسلاك الموصلة بالمعادلات التالية :

$$Rc = \rho \frac{L}{A}$$

الجدول (7 – 4) قيم المقاومة ، المفاعلة ، الممانعة لمحولات توزيع نموذجية 400 فولت ولفولتيات متوسطة أصغر من 20kV أو مساوية لها .

سعة المحول (kVA)	تبريد بالزيت Oil-immersed				جاف Cast-resin			
	Vsc (%)	Rtr (mΩ)	Xtr (mΩ)	Ztr (mΩ)	Vsc (%)	Rtr (mΩ)	Xtr (mΩ)	Ztr (mΩ)
100	4	37.9	59.5	70.6	6	37.0	99.1	105.8
160	4	16.2	41.0	44.1	6	18.6	63.5	66.2
200	4	11.9	33.2	35.3	6	14.1	51.0	52.9
250	4	9.2	26.7	28.2	6	10.7	41.0	42.3
315	4	6.2	21.5	22.4	6	8.0	32.6	33.6
400	4	5.1	16.9	17.6	6	6.1	25.8	26.5
500	4	3.8	13.6	14.1	6	4.6	20.7	21.2
630	4	2.9	10.8	11.2	6	3.5	16.4	16.8
800	6	2.9	12.9	13.2	6	2.6	13.0	13.2
1,000	6	2.3	10.3	10.6	6	1.9	10.4	10.6
1,250	6	1.8	8.3	8.5	6	1.5	8.3	8.5
1,600	6	1.4	6.5	6.6	6	1.1	6.5	6.6
2,000	6	1.1	5.2	5.3	6	0.9	5.2	5.3

حيث :

ρ = مقاومية الموصل في درجة الحرارة الإعتيادية

L= طول الموصل بالمتر

A=مساحة المقطع العرضي للموصل بالمتر المربع

ويعطي الجدول (7-5) التالي قيم المقاومية ρ للإستفادة .

جدول (7-5) قيم المقاومية ρ للنحاس والألمنيوم لنوعين من عوازل الكيبلات لدرجات حرارة مختلفة

	20 °C	PVC 70 °C	EPR/XLPE 90 °C
نحاس	18.51	22.212	23.6928
ألومنيوم	29.41	35.292	37.6448

أما مفاعلة الكيبل Xc فيمكن الحصول عليها من الشركات الصانعة للكيبلات ، وان لم تتوفر هذه المعلومات أو يصعب الحصول عليها يتم فرض كمايأتي :

- تهمل المفاعلة للكيبلات التي مقطعها أقل من $50\ mm^2$
- تؤخذ قيمة المفاعلة Xc : 0.08 mΩ / meter أذا كان تردد المنظومة 50 Hz و 0.096 mΩ/meter إذا كان التردد 60Hz .

6 - المحركات الكهربائية : في لحظة وقوع عطل قصر الدارة تعمل المحركات الكهربائية كمولدات وتقوم بتغذية العطل نفسه . بصورة عامة فان التيار الذي تسببه هذه المحركات يهمل إذا كان مجموع قدرة المحرك أو المحركات أقل من 25% من قدرة المحول الذي يغذيها ، وخلاف ذلك يتم أخذه بعين الاعتبار بموجب الآتي :

- للمحرك المنفرد : $I_{scm} = 3.5\ In$
- لمحركين متشابهين يعملان سوية : $I_{scm} = 3.5(2x\ In)$
- لعدد m من الحركات متشابهة تعمل سوية : $I_{scm} = 3.5(m\ In\ )$

هذه للمحركات ثلاثية الطور ، اما المحركات ذات الطور الواحد فيهمل مساهمتها في تيار العطل.

مثال 7 – 8

في منظومة التمديدات البسيطة المبينة في الشكل (7 – 11) إحسب تيار القصر في النقاط B و C و D. أفرض أن جميع الكيبلات من نوع XLPE .

الحل : مما ورد سلفا ، يحسب تيار القصر في اية نقطة من النظام بالمعادلة :

$$Isc = \frac{420}{\sqrt{3}\sqrt{R_T{}^2 + X_T{}^2}}$$

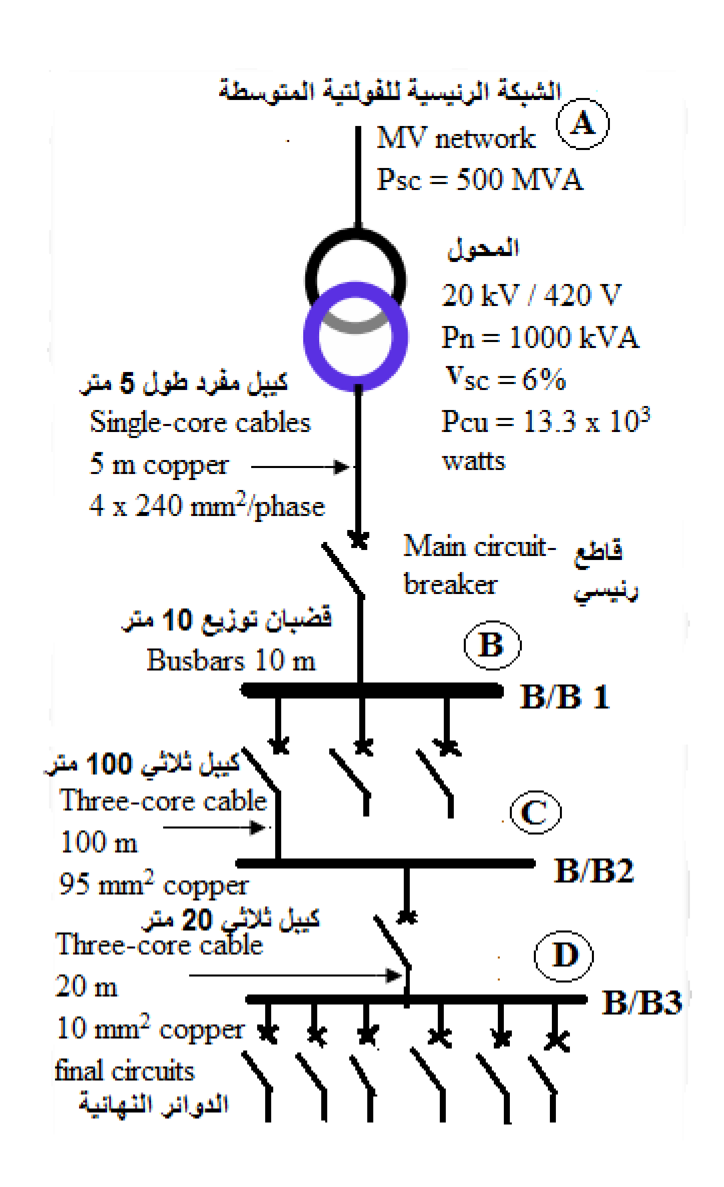
1- نبدأ أولا بحساب تيار القصر في النقطة B وكالآتي :

- ممانعة الشبكة من الجهة العليا لمسار التيار(قبل المحول) Network upstream the transformer
  - من الجدول (7- 3) ولمستوى عطل 500MVA نجد أن ،

$$Ra = 0.035 \ (m\Omega) \ , Xa = 0.351 \ (m\Omega)$$

- ممانعة المحول – من جدول (7- 4) ولمحول سعة 1000kVA ،

$$Rtr = 2.3 \ (m\Omega) \ , Xtr = 10.8 \ (m\Omega)$$



الشكل (7- 11)

- لكيبل مفرد نحاس بعزل XLPE ، 4 × 240 ملم^2 لكل طوربطول 5 متر – من جدول (5-7) ، خذ 23.7 = ρ = تقريبا ، L = 5 m ، $A = 4x240\ mm^2$ لذا ،

$$R_c = \rho\ \frac{L}{A} = 23.7\ \frac{5}{4x240} = 0.12\ \ m\Omega$$

وكذلك نجد أن ، $Xc = 0.08\ x\ 5 = 0.40\ \ m\Omega$

- ممانعة قاطع الدائرة الرئيسي : يمكن إهمالها

ألان نحسب المماتعة من النقطة A إلى النقطة B :

$$R_{T1} = R_a + R_{tr} + R_c = 0.035 + 2.3 + 0.12 = 2.4\ (m\Omega)$$

$$X_{T1} = X_a + X_{tr} + X_c = 0.351 + 10.3 + 0.4 = 11.05 (m\Omega)$$

ويكون تيار القصر في النقطة B :

$$I_{sc1} = \frac{420}{\sqrt{3}\sqrt{R_{T1}^2 + X_{T1}^2}} = \frac{420}{\sqrt{3}\sqrt{2.4^2 + 11.05^2}} \cong 26\ \text{kA}$$

2- نجري حسابات القصر عند النقطة C وكالآتي :

- تهمل ممانعة قضيب التوزيع (B/B1,10 m) كما ورد سلفا ،
- للكيبل الثلاثي النحاسي$95\ mm^2$ بطول 100 متر تحسب ممانعته كما يأتي :

$$R_{c2} = 23.7\ x\ \frac{100}{95} = 25\ m\Omega \quad , \quad Xc2 = 100\ x\ 0.08 = 8\ m\Omega$$

لذا فان

$$R_{T2} = R_{T1} + R_{c2} = 25 + 2.4 = 27.4 \quad (m\Omega)$$

$$X_{T2} = X_{T1} + X_{c2} = 8.85 + 8 = 16.85 \quad (m\Omega)$$

$$I_{sc2} = \frac{420}{\sqrt{3}\sqrt{R_{T2}^2 + X_{T2}^2}} = \frac{420}{\sqrt{3}\sqrt{27.4^2 + 16.85^2}} = 7.54\ kA$$

- كما نجري حسابات تيار القصر عند النقطة D :بإهمال ممانعة قضيب التوزيع B/B2 وبأخذ ممانعة الكيبل الثلاثي 10 ملم^2 بطول 20 متر نجد أن :

$$R_{c3} = 23.7 \ x \ \frac{20}{10} = 47.4 \text{ m}\Omega$$

$$X_{c3} = 20 \text{ x } 0.08 = 1.6 \text{ m}\Omega$$

$$R_{T3} = R_{T2} + R_{c3} = 27.4 + 47.4 = 74.8 \text{ m}\Omega$$

$$X_{T3} = X_{T2} + X_{c3} = 16.85 + 1.6 = 18.45 \text{ m}\Omega$$

$$I_{sc3} = \frac{420}{\sqrt{3}\sqrt{R_{T3}^2 + X_{T3}^2}} = \frac{420}{\sqrt{3}\sqrt{74.8^2 + 18.45^2}} = 3.15 \ kA$$

4-7 التنسيق الحمائي بين قواطع الدائرة

1-4-7 التنسيق والإنتقائية في علم الحماية

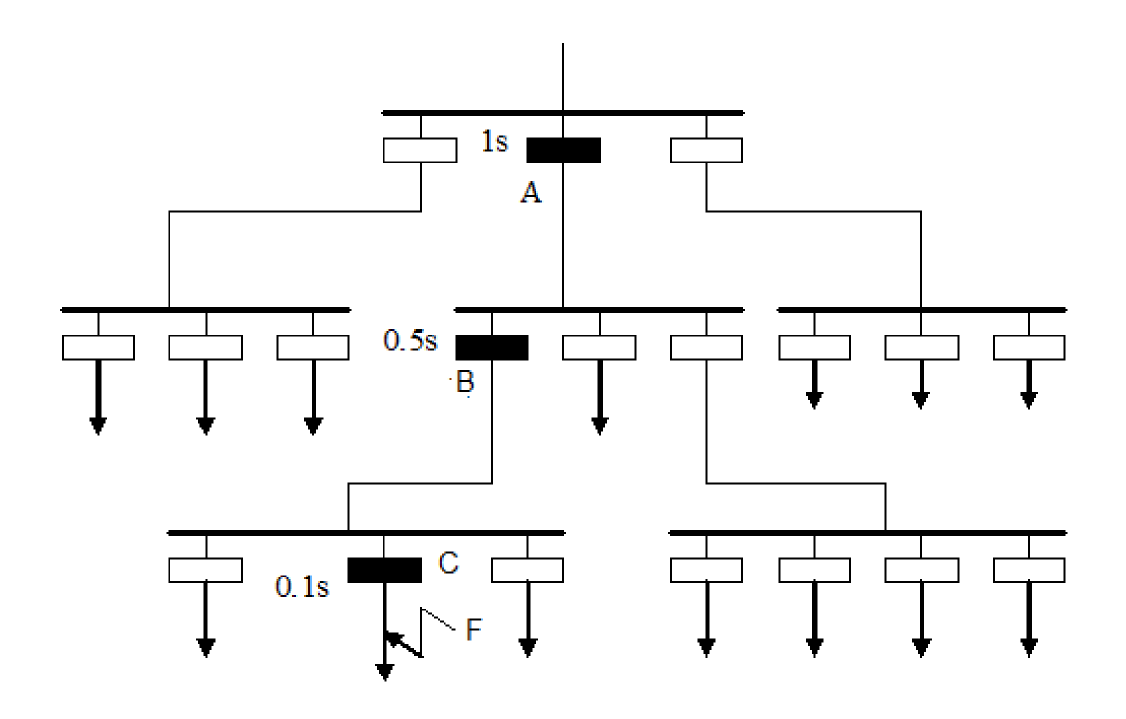
يقصد بالتنسيق الحمائي بين قواطع الدائرة المستخدمة ضمن لوحات التوزيع في الأبنية هو الأختيار الصحيح لخواص القواطع الرئيسية والفرعية وأزمان الحماية لها بحيث أن عطلاً ضمن منطقة حماية قاطع فرعي معين لايؤدي الى فصل القاطع الرئيسي للبناية وقطع التيار العمومي عن البناية بأكملها. فمثلا إذا كانت لدينا لوحة توزيع رئيسية تحتوي على عدة قواطع فرعية تغذي لوحات توزيع ثانوية كما في الشكل (7-12) .ففي حالة عدم وجود تنسيق حمائي (تأخير زمني) بين القواطع وحدث عطل عند النقطة F مثلا ، فسوف يسري تيار العطل خلال المسار $A \rightarrow B \rightarrow C$ وسيقوم القاطع A بفصل الدائرة مما يسبب فصل التيار الكهربائي عن جميع اللوحات المحمية بواسطته . بينما إذا تم ضبط القاطع C ليعمل بزمن 0.1 ثانية والقاطع B ليعمل بزمن 0.5 ثانية والقاطع A ليعمل بزمن 1.0 ثانية ، أمكن في هذه الحالة إيجاد تنسيق حمائي بين القواطع أو ما يسمى بالتنسيق الإنتقائي الزمني في علم الحماية الكهربائية.

إضافة الى حصر العطل وعزله في منطقة معينة والحفاظ علي استمرارية تجهيز الطاقة الى بقية المجموعات الكهربائية فإن التنسيق الإنتقائي يوفر كذلك حماية ساندة Backup protection للدوائر فيما بينها . فلو افترضنا أن القطع C في الشكل (7-12) لم يعمل عند حدوث العطل في النقطة F فإن القاطع B سوف ينتظر لمدة 0.5 ثانية ليعطي الفرصة ثم يقوم بإزالة العطل بعد هذا الوقت. والشيء نفسه ينطبق على القاطع A كونه يوفر حماية ساندة للقاطع B.

2-4-7 اختيار خواص القواطع لتأمين الحماية الساندة

تكون الحماية الساندة على نوعين :

- الحماية الساندة الموقعية (القريبة) Local Backup .
- الحماية الساندة البعيدة Remote Backup .



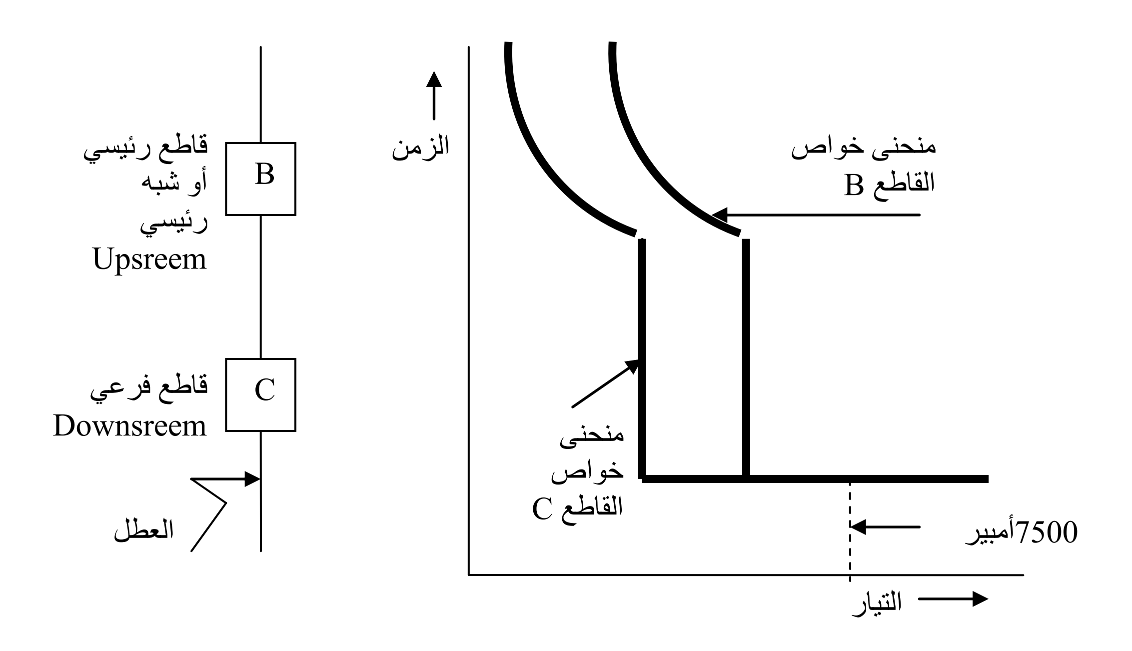
الشكل (7-12) التنسيق الزمني الحمائي بين القواطع.

ففي الشكل (7-12) يؤمن القاطع B حماية ساندة موقعية قريبة للقاطع C ، بينما يؤمن القاطع A حماية ساندة بعيدة للقاطع C . ولتأمين التنسيق الحمائي يجب أن يكون منحنى خواص القاطع الساند (الرئيسي مثلا) الى يمين منحنى خواص القاطع المسنود (الفرعي) ، لاحظ الشكل (7-13).

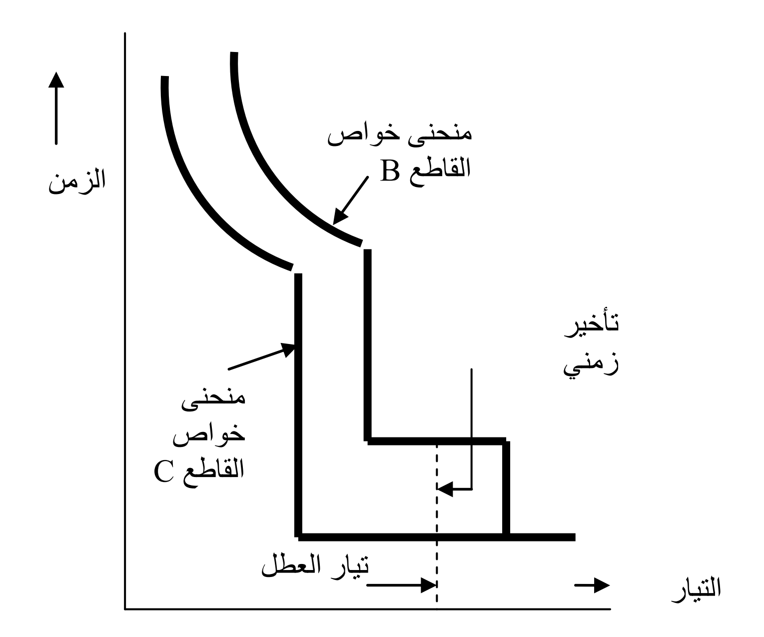
يلاحظ من الشكل (7-13) أنه بالرغم من وجود تنسيق حمائي بين القاطعين إلا أن هذا لا يكفي . فلو فرضنا أن القاطع B سعته 600 أمبير والقاطع C سعته 200 أمبير وكلاهما حراري مغناطيسي ، فعند حدوث عطل قصردورة وكان مقدار تيار العطل 7500 أمبير مثلا فإن القاطعين سوف يعملان في الوقت نفسه لإزالة هذا العطل . إي أنه لاتوجد إنتقائية زمنية Time selectivity بينهما ، لذا يجب أن تكون هناك إنتقائية بين القواطع وهذا يتم بابدال القاطع B بحيث يكون منحنى خواصه حاويا على انتقائية زمنية وكما موضح في الشكل (7-14) لتحقيق تأخير زمني على القاطع الرئيسي بحيث يعمل القاطع C أولا.

7-4-3 التنسيق بين القواطع على التوالي

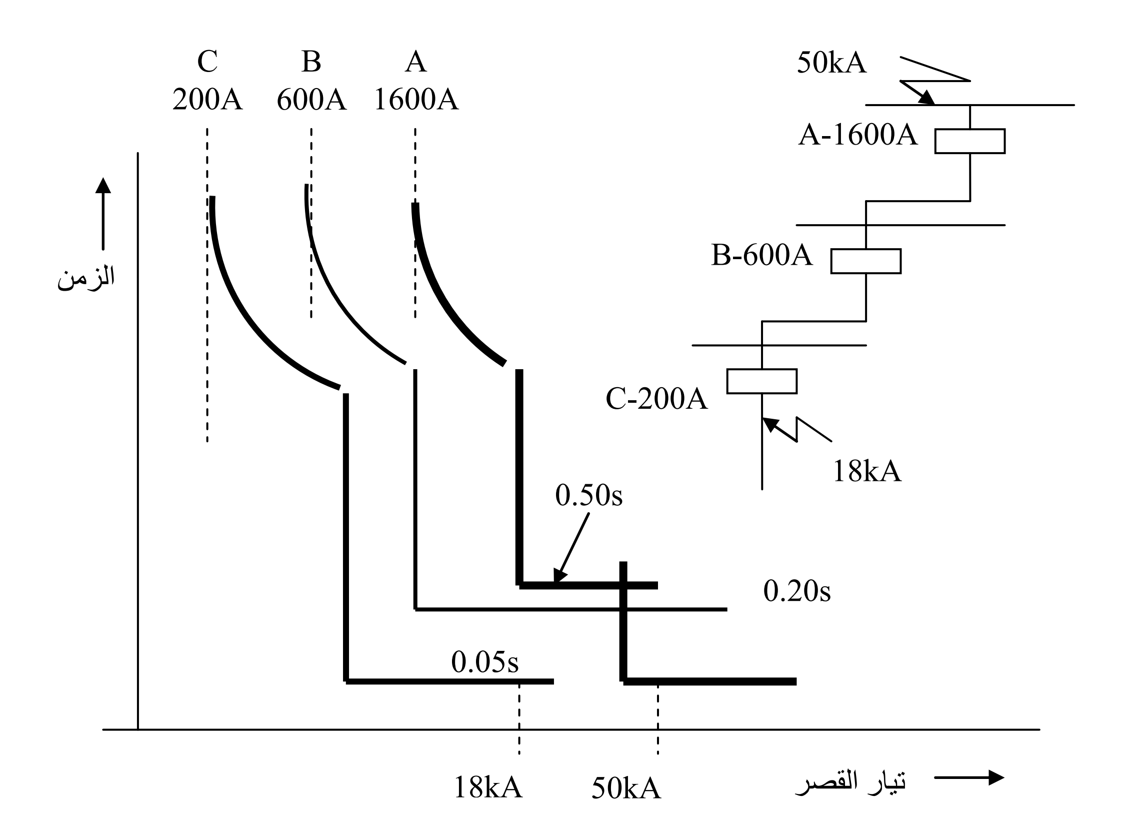
يلاحظ في الشكل (7-12) أن القواطع A و B و C مربوطة حمائيا على التوالي ،ولأجل التنسيق الحمائي بين هذه القواطع يتم اختيار القاطع الأخير C بحيث تكون خواصه : حراري + مغناطيسي فوري ، بينما يكون القاطع B له خواص : حراري + مغناطيسي ذي تأخير زمني ، أما القاطع A الذي يعتبر رئيسياً هنا فيجب أن تكون خواصه : حراري+ مغناطيسي ذي تأخير زمني + مغناطيسي فوري لمستويات تيار عطل عال، لاحظ الشكل (7-15) وجدول خواص القواطع (7-6).



الشكل (7-13) منحنى خواص القاطع الساند B يجب أن تكون الى يمين منحنى خواص القاطع المسنود (الفرعي) C لتحقيق التنسيق الحمائي بين القاطعين.



الشكل (7- 14) قواطع حرارية مغناطيسية مع وجود تنسيق حمائي إنتقائي زمني .



الشكل (7-15) التنسيق الحمائي بين القواطع على التوالي.

جدول (7-6) نظم الحماية المطلوبة لقواطع دائرة على التوالي في الشكل (7-13).

قاطع الدائرة	نظام الحماية		
	حراري	مغناطيسي ذو تأخيرزمني	مغناطيسي لحظي(فوري)
C	X		X
B	X	X	
A	X	X	X

وخلاصة لوسائل الحماية المستخدمة في الأبنية والمنشآت ، يعطي الجدول (7-7) أنواعها واستعمالاتها لغرض الفائدة.

كذلك يعطي الجدول (7-8) مقررات وسائل الحماية ومقاطع الكيبلات المطلوبة لبعض الدوائر الكهربائية والأجهزة المنزلية شائعة الإستعمال لفائدة المصمم .

جدول (7 -7) خلاصة لوسائل الحماية المستخدمة في الأبنية والمنشآت

الملاحظات	الاستخدامات	وسيلة الحماية
المصهر القابل على اعادة التسليك Re-wireable fuse (المصهر شبه المغلق)	يستخدم بصورة رئيسية للاغراض المنزلية	يتم تدريجيا في الوقت الحاضر إبداله بوسائل أخرى للحماية، لكون أن عامل الإنصهار له كبير مما يؤثر على سعة حمل التيار للكيبل أو السلك.أي انه يجعل اختيار حجم الكيبل او السلك اكبر من المطلوب,اما الخاصية الأخرى فانه لا يوفر حماية جيدة ضد أعطال قصر الدارة. يصنع عادة من 5 أمبير ولغاية 200 أمبير
المصهر ذي سعة القطع العالية HRC أوHBC	يستخدم في أغلب الاحوال للاستخدامات التجارية والصناعية	هذا النوع من المصاهر يعطي حماية ممتازة ضد اعطال قصر الدارة ولا يؤثر على سعة التيارللكيبل او السلك ويستخدم النوع "aM" منه لحماية المحركات.يصنع عادة من 2 أمبير ولغاية 1200 أمبير وقلما يستخدم للاغراض المنزلية
قاطع الدائرة المصغر MCB	يستخدم للاغراض المنزلية والصناعية والتجارية	شائع الاستخدام بسبب سهولة عمله.يصنع من 1 أمبير ولغاية 63 أمبير بطور واحد أو بثلاثة أطوار. الأنواع القديمة: 1,2,3,4 الأنواع الحديثة: B,C,D سعات القطع من 3 كيلو أمبير الى 25 كيلو أمبير
قاطع الدائرة المقولب MCCB	للاغراض الصناعية عندما يتطلب تيارات عالية وسعات قطع عالية	سعة القطع تتراوح بين 22 كيلو أمبير إلى 50 كيلو أمبير , أما مديات التيار فيصنع من من 16 أمبير ولغاية 1200 أمبير بقطبين أو بثلاثة أو بأربعة أقطاب.

جدول (7-8) مقررات وسائل الحماية ومقاطع الكيبلات المطلوبة لبعض الدوائر الكهربائية والأجهزة المنزلية شائعة الإستخدام .

نوع الدائرة الكهربائية (طور واحد 230 فولت + المحايد)	أقل مقطع مطلوب للسلك أو الكيبل المغذي للدائرة	القدرة القصوى بالواط	نوع ومقرر وسيلة الحماية
نقطة إنارة ثابتة	1.5 ملم^2 (2.5 ملم^2)	لغاية 2300	**قاطع دائرة 16A** **مصهر 10A**
نقطة مأخذ 16/10 أمبير	2.5 ملم^2 (4 ملم^2)	لغاية 4600	**قاطع دائرة 25A** **مصهر 20A**
سخان ماء	2.5 ملم^2 (4 ملم^2)	لغاية 4600	**قاطع دائرة 25A** **مصهر 20A**
غسالة صحون	2.5 ملم^2 (4 ملم^2)	لغاية 4600	**قاطع دائرة 25A** **مصهر 20A**
غسالة ملابس	2.5 ملم^2 (4 ملم^2)	لغاية 4600	**قاطع دائرة 25A** **مصهر 20A**
طباخ كهربائي	6 ملم^2 (10) ملم^2	لغاية 7300	**قاطع دائرة 40A** **مصهر 32 A**
مدفأة كهربائية	1.5 ملم^2 (2.5) ملم^2	لغاية 2300	**قاطع دائرة 16A** **مصهر 10A**

5-7 لوحات التوزيع Distribution Boards

تستخدم لوحات التوزيع الكهربائية في الأبنية والمنشآت لإغراض توزيع القدرة والسيطرة عليها بصورة علمية ومدروسة لضمان تحقيق إستقرارية تجهيز الطاقة وأمنيتها. وفضلاًعن ما توفره لوحات التوزيع من توصيل أو قطع القدرة الكهربائية عن أجزاء أو جميع مرافق البناية عند إجراء أعمال الصيانة فانها توفر جميع أنواع الحماية للأجهزة والمعدات والأسلاك والكيبلات ضد الأعطال الناجمة عن قصر الدارة وزيادة التيار والفولتية وأعطال الأرض وغيرها من خلال إحتوائها على أجهزة الحماية المتمثلة بقواطع الدائرة والمصاهر والفواصل وقضبان التوزيع ومحولات التيار والفولتية ومرحلات الحماية ....الخ. وتختلف أحجام وأنواع لوحات التوزيع حسب تخصصاتها ووظائفها ومقادير الأحمال التي تسيطر عليها. ويمكن تقسيم ألواح التوزيع في البنايات المتوسطة والكبيرة إلى الآتي :

- لوحات التوزيع الرئيسية للفولتية المنخفضة Main L.V. Distribution Board (MDB)
- لوحات التوزيع الرئيسية المساعدة Aux. Main Distribution Boards
- لوحات التوزيع الثانوية Sub-Distribution Boards (SDB)
- لوحات التوزيع النهائية (الختامية) Final Distribution Boards (FDB)
- لوحات التوزيع الفرعية Branch Distribution Panels
- اللوحات التخصصية الأخرى Special use Distribution Boards
- مراكز التحكم في المحركات الكهربائية Motor Control Centers (MCC)
- لوحات التوزيع الرئيسية للفولتية العالية H .V. Main Distribution Board

1-5-7 لوحات التوزيع الرئيسية للفولتية المنخفضة Main L .V. Distribution Boards

تكون وظيفة هذه اللوحات هي إستقبال المغذيات الرئيسية للبناية من مصدر القدرة الرئيسي سواء كان مباشرة من المحطات الثانوية التابعة لسلطة أو هيئة توزيع الكهرباء في المدينة (إذا كان حمل البناية يقل عن250 كيلو فولت أمبير) أو من خلال محطة ثانوية تنشأ داخل أو خارج البناية إذا كان حمل البناية كبيراً ويزيد عن سعة المحطة الثانوية المحلية Local Substation. وتتم تغذية هذه اللوحة من محول واحد أو اكثر بفولتية 400/230 فولت وبنظام رباعي السلك (4 –wire system) . وقد تحتوي هذه اللوحة أيضاً على أجهزة تحويل يدوية أو تلقائية (أوتوماتيكية) (Automatic Transfer Switches) ATSمن المغذيات الرئيسية إلى مولدات الطوارئ في حالة إنقطاع التيار العام . وكذلك قد تحتوي على خوازن متسعات (مكثفات) لتعديل عامل القدرة Capacitor Banks .

وتختلف أبعاد وأشكال هذه اللوحات حسب المغذيات الداخلة والخارجة منها . فأما أن تكون صغيرة أو متوسطة الحجم وبذلك يمكن بناؤها وتثبيت أجزائها على الجدار مباشرةً وتدعى في هذه الحالة- النوع المثبت على الجدار- Wall Mounted . وأما أن تكون كبيرة تتألف من عدة دواليب Panels قد يبلغ إرتفاعها 2 متر عن الأرضية أو أكثر ؛ فيجب في هذه الحالة أن تكون من النوع المثبت على الأرضية



الشكل (7- 16) لوحة توزيع رئيسية للفولتية المنخفضة.

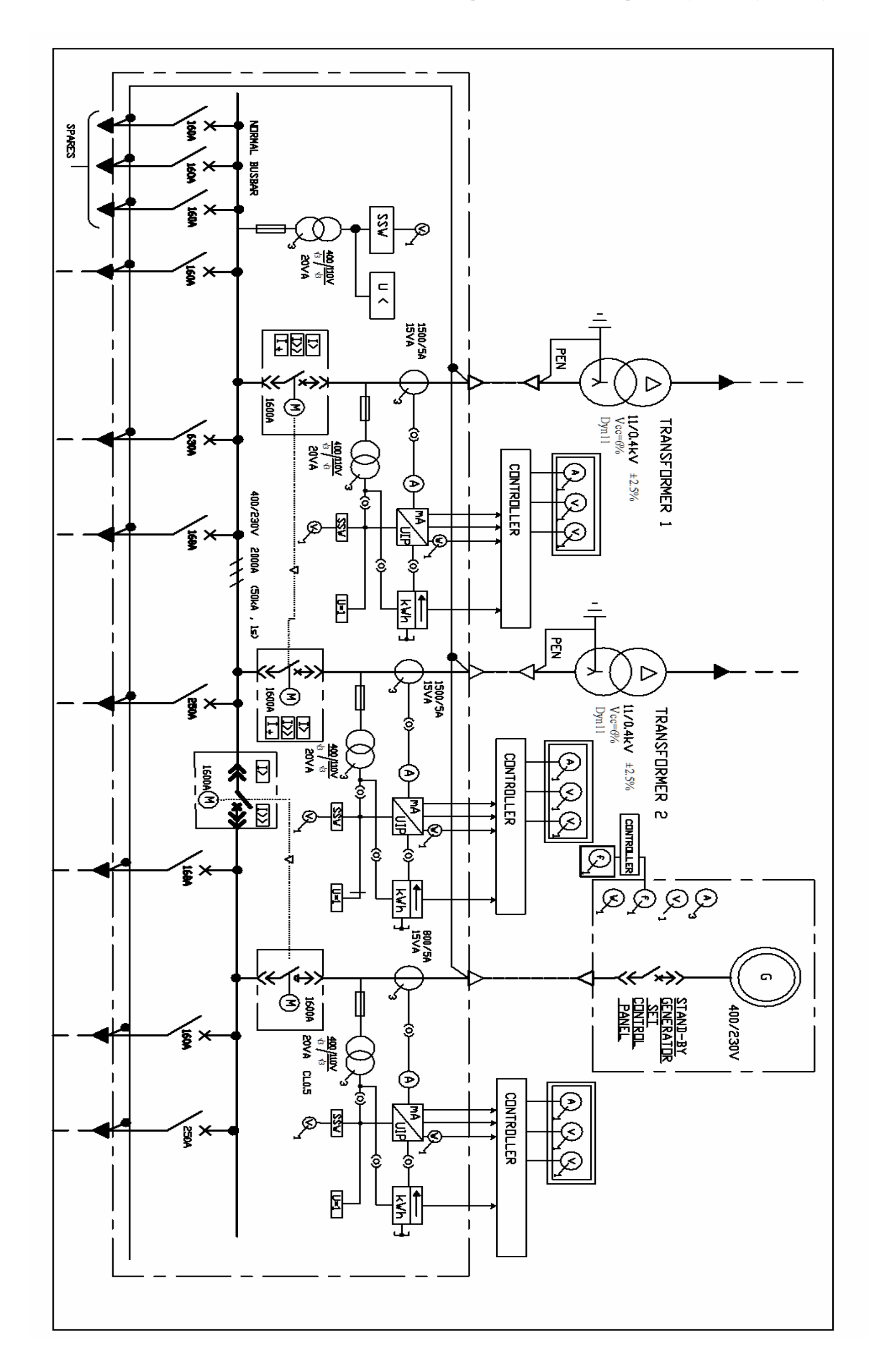
Floor Standing أو Floor Fixing ، الشكل (7- 16) . وتصنع هذه اللوحات من صفائح الحديد المغلفن ذات سمك لا يقل عن مليمترين يؤسس على هيكل حديد ملائم . ولا توجد لوحات توزيع رئيسية جاهزة في الأسواق المحلية وإنما يتم بناؤها في المصانع المتخصصة لهذا الغرض بموجب تصميمها من قبل المهندس المصمم . ويبين الشكل (7- 17) لوحة توزيع رئيسية للفولتية المنخفضة لبناية متعددة الطوابق تحتوي على عدة مغذيات لأحمال مختلفة وقد ربطت هذه اللوحة إلى مولد إحتياطي .

7- 5-2 لوحات التوزيع الرئيسية المساعدة

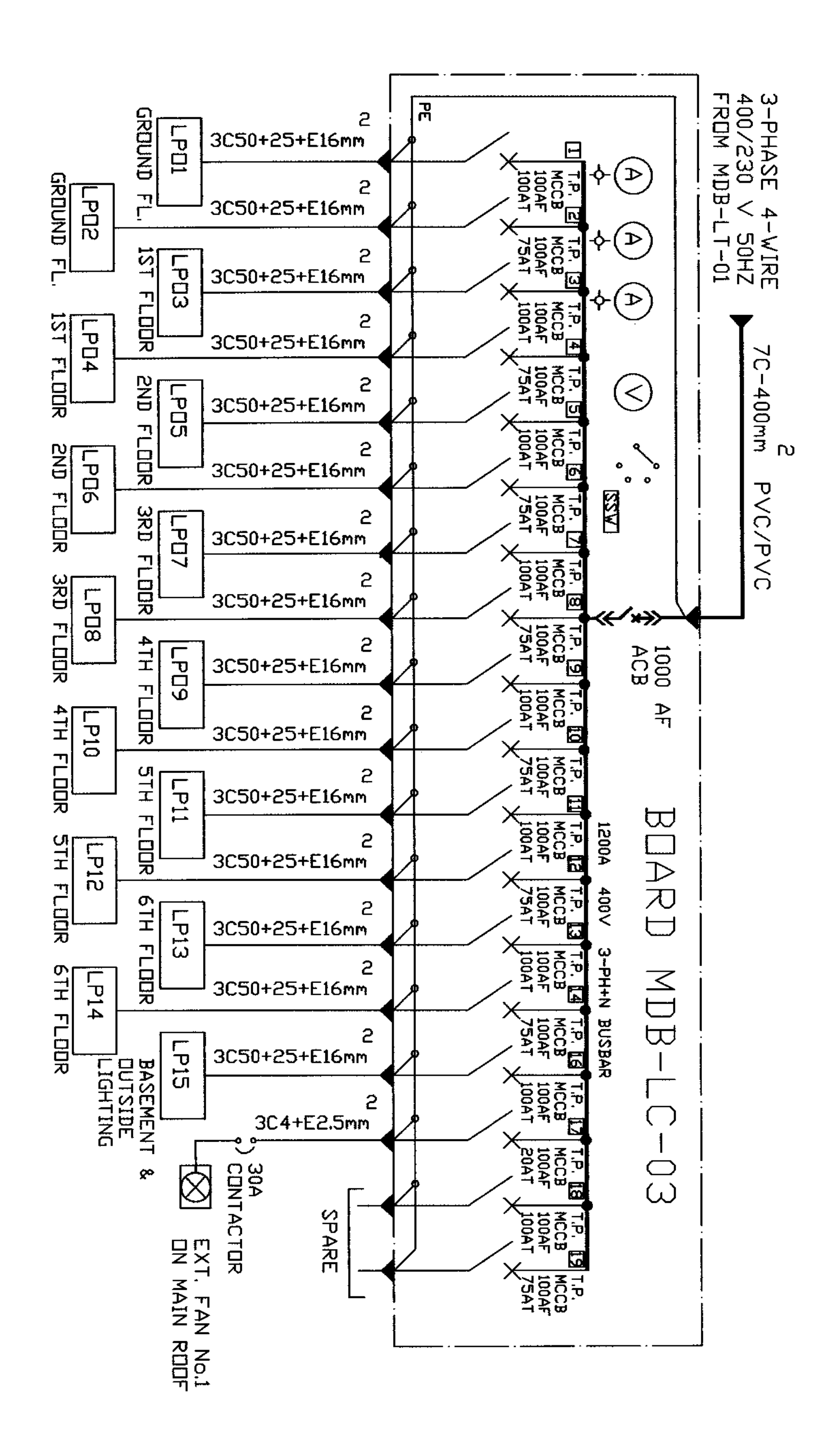
عندما تقتضي الحاجة كأن تكون المساحات المتوفرة في البناية غير كافية لنصب لوحة توزيع رئيسية كبيرة واحدة للفولتية المنخفضة عندئذ يتم تصميم لوحات رئيسية مساعدة توضع على مقربة من اللوحة الرئيسية أو في أماكن أخرى . وتكون هذه اللوحات الرئيسية متخصصة نوعاً ما ، كأن تصمم أحداها لتغذية أحمال الإنارة ومآخذ القدرة، والأخرى لأحمال التبريد والتهوية والتكييف أو المصاعد.

وتتفرع من هذه اللوحات المساعدة لوحات توزيع ثانوية إلى الطوابق أو الأماكن الاخرى أو تتفرع منها مراكز السيطرة على المحركات MCCs أو لتغذية أجهزة الأشعة وأجهزة الرنين المغناطيسي والأجهزة الإختصاصية الأخرى في المستشفيات والأبنية المتخصصة . وفي أغلب الأحيان تكون هذه اللوحات

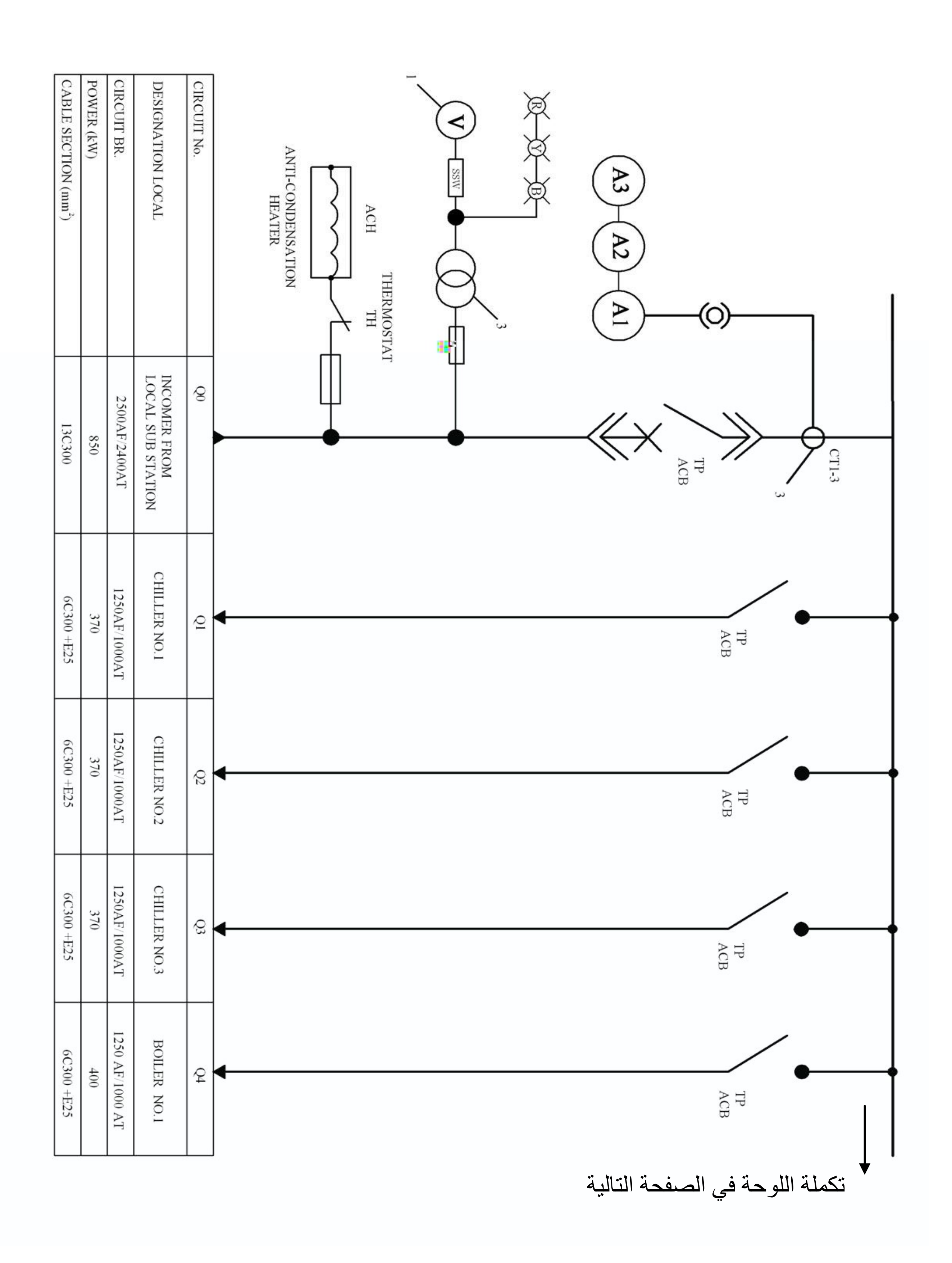
متوسطة الحجم نسبياً وتكون من النوع الذي يثبت على الأرضية Floor Standing. وتبين الأشكال (7- 18) الى (7- 20) نماذج للوحات توزيع مساعدة لأغراض الإنارة والقدرة والتكييف .



الشكل (7- 17) لوحة توزيع فولتية منخفضة رئيسية لبناية متعددة الطوابق مع مولد طوارئ.

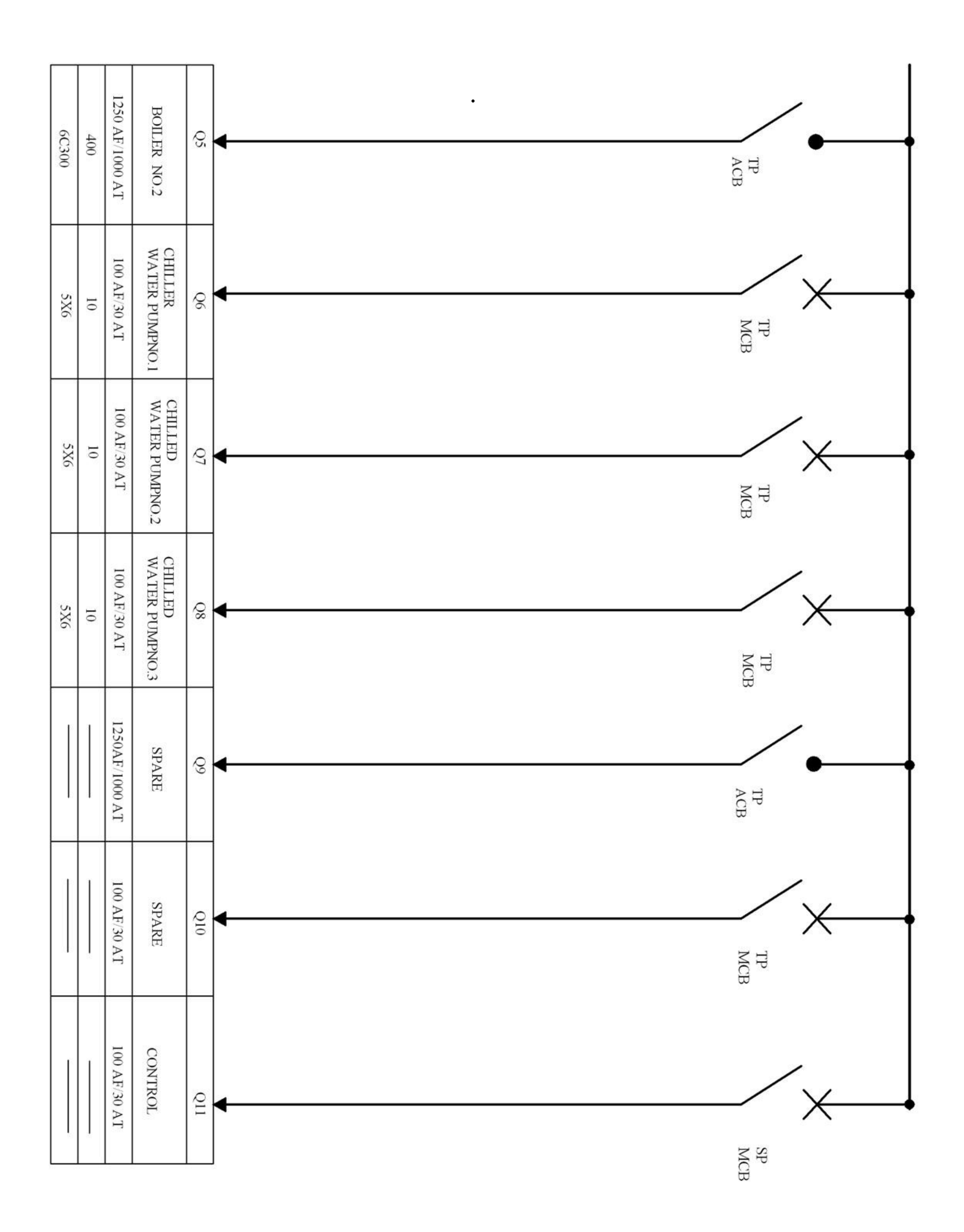


الشكل (7- 18) نموذج للوحة توزيع مساعدة لأغراض الإنارة والمآخذ .



تكملة اللوحة في الصفحة التالية

الشكل (7- 19) نموذج للوحة توزيع مساعدة لأغراض التكييف والقدرة.
ملاحظة : يمكن إبدال القواطع نوع ACB باخرى نوع MCCB ولغاية 1600A .



الشكل (7- 20) تكملة للوحة التوزيع المساعدة لأغراض التكييف والقدرة للشكل (7- 17) .

3-5-7 لوحات التوزيع الثانوية

تستخدم هذه اللوحات في الطوابق ذات المساحات الكبيرة، حيث تعد بمثابة اللوحة الرئيسية في ذلك الطابق وتقوم هذه اللوحات بتغذية اللوحات النهائية المتعددة في الطابق نفسه وتؤدي وظيفة الحماية الساندة والفصل والتوصيل لأغراض الصيانة. ويجب تأمين مكان ملائم لهذه اللوحات في الطوابق بحيث تكون قريبة جداً من المغذي الرئيسي الصاعد للبناية أو من أماكن المهابط. ليسهل تغذيتها بأقصر طول للكيبل المغذي. وتتغذى هذه اللوحة إما من لوحة التوزيع الرئيسية للفولتية المنخفضة مباشرةً أو من لوحات التوزيع الرئيسية المساعدة .

4-5-7 لوحات التوزيع النهائية (الختامية) (FDB)

وتكون هذه اللوحات صغيرة الحجم إما من النوع الذي يثبت على الجدارمباشرة Wall mounted أو تدفن داخله Recessed type . وتتخصص هذه اللوحات بوظيفة معينة فأما أن تغذي نقاط الإنارة والمراوح فقط أو تتخصص في تغذية نقاط القدرة الصغيرة كالمآخذ من فئات 16,15,13,5 أمبير وسخانات الماء لحد(3) كيلو واط والمدفئات الزيتية والغسالات والطباخات الكهربائية وغسالات الصحون ومبردات الماء والهواء وغيرها من الاجهزة الخدمية ، أو قد تكون اللوحة مختلطة لجميع هذه الخدمات حسب اقتناع المهندس المصمم . أما أنواعها فتكون إما أحادية الطور ذات 6 , 9 , 12 طريق حسب سعتها (اي مضاعفات العدد 3) . أوثلاثية الطور36,24,21,18,15 أو 42 طريق .هذه اللوحة إما ان تكون حاوية على مصاهر أو قواطع ويتم إختيار القواطع فيها على النحو الآتي :

- قاطع أحادي الطور أحادي القطب من النوع المصغر (SP-MCB)

Single - Pole Miniature Circuit Breaker

- قاطع أحادي الطور ثنائي القطب من النوع المصغر (2P-MCB)

Two - Pole Miniature Circuit Breaker

- قاطع ثلاثي الطور ثلاثي القطب من النوع المصغر (TP-MCB)

Triple - Pole Miniature Circuit Breaker

- قاطع ثلاثي الطور رباعي القطب من النوع المصغر (4P-MCB)

Four – Pole Miniature Circuit Breaker

وجميع أنواع هذه القواطع يمكن إحتواؤها داخل حاوية لوحة التوزيع النهائية الواحدة ،أنظرالشكل (7- 21(ب)) . ويجب أن تزود اللوحات النهائية بغطاء أو باب من الحديد مع قفل خاص للحفاظ عليها من الأشخاص غير المخولين .هذه القواطع عادة ما تصنع بصفين إثنين أو عمودين ؛ وتعد لوحة التوزيع



(أ)



(ب)

الشكل (7- 21) : لوحة توزيع كهربائية نهائية (أ) لوحة حاوية على مصاهر ، (ب) لوحة قواطع.

النهائية الوحدة الأساس في توزيع الدوائر الكهربائية في الأبنية ، ويكون غطاؤها الخارجي معزولا كهربائيا وبدرجة حماية IP20 في الأقل ليتمكن العامل الكهربائي من فتح وغلق القواطع بصورة أمينة دون الحاجة لعزل كامل للوحة من المغذي الرئيسي . وتجهز هذه اللوحة بفاصل رئيسي (Isolator) بسعة تيار مناسب لغرض عزل اللوحة عن التيارالعام لأغراض الصيانة.

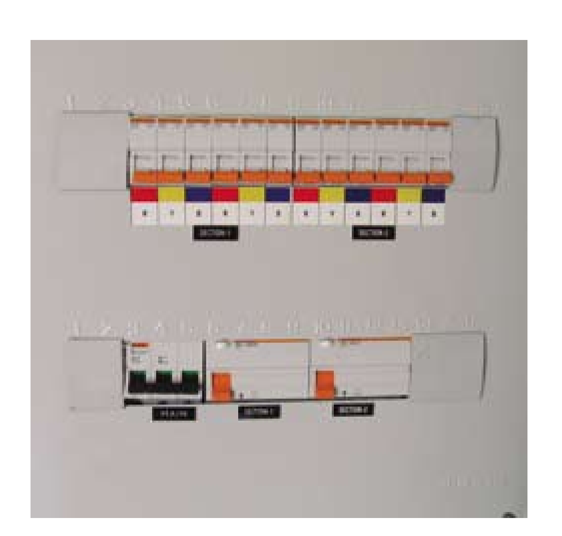
ترتيب القواطع Breakers arrangement

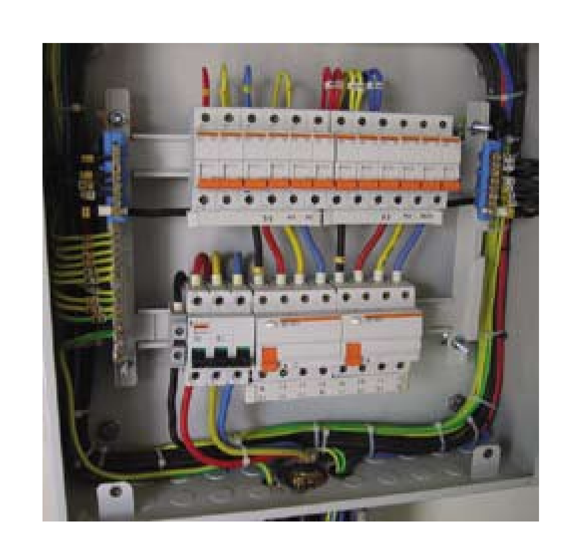
ترتب القواطع في لوحات التوزيع بشكل أعمدة Columns أو صفوف Rows عددها إثنان في الغالب يبدأ ترقيمها من الأعلى إلى الأسفل للعمود الأيسروكذلك من الأعلى للأسفل للعمود الأيمن وفق النظام البريطاني وكل رقم أو عدد يستخدم لتأشير موقع واحد على كل طور من الأطوار الثلاثة وكالأتي :

الطور	Phase	القواطع	Breakers
احمر	**Red**	R1	R4
اصفر	**Yellow**	Y1	Y4
ازرق	**Blue**	B1	B4
احمر	**Red**	R2	R5
اصفر	**Yellow**	Y2	Y5
ازرق	**Blue**	B2	B5
احمر	**Red**	R3	R6
اصفر	**Yellow**	Y3	Y6
ازرق	**Blue**	B3	B6

ويبين الشكل(7- 22) لوحة توزيع نهائية FDB صغيرة ذات 12- موضع (طريق) ، ثلاثية الطور مع الخط المحايد محمية بجهاز RCD (سوف نأتي على ذكره في الفصل التاسع) حيث تدخل أسلاك الأطوار الثلاثة (الخط الأحمر والخط الأصفر والخط الأزرق) من أسفل اللوحة ، ثم تغذى قضبان التوزيع (الباص بار) عن طريق مفتاح فاصل (Isolator Switch) . أما الخط المحايد (الخط الأسود) فيرتبط مباشرة بنقطة توزيع الخط المحايد في وسط اللوحة على الجهة اليمنى ، وكذلك يوجد قضيب توزيع خاص بالأرضي في الجهة اليسرى من وسط اللوحة يرتبط مع قضيب توزيع الأرضي الرئيسي في اللوحة الرئيسية ويوضع عادة في الجهة العليا اليمنى من اللوحة النهائية موضوعة البحث.

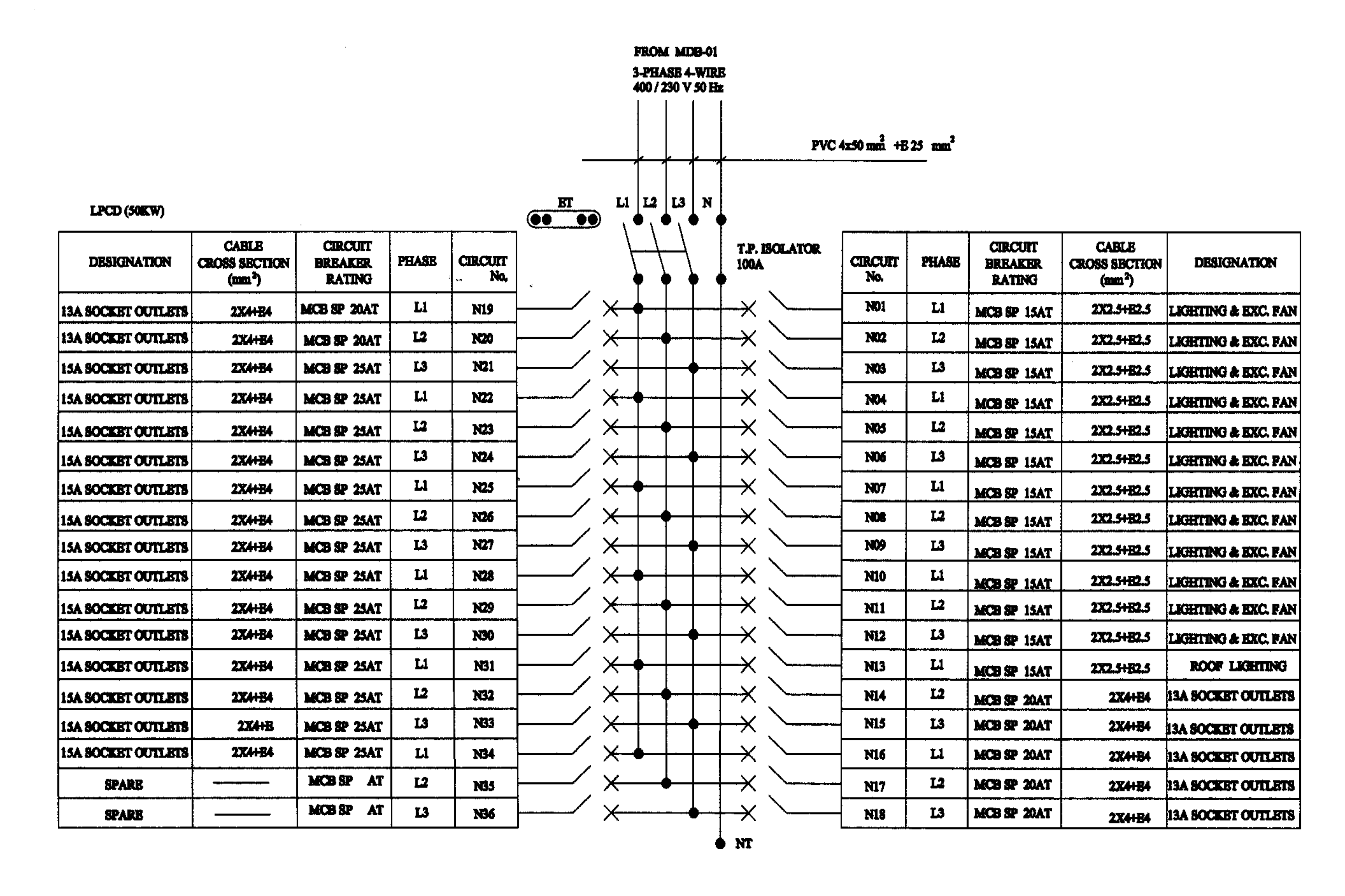
قد ينتج المصنع لوحات توزيع ذات 15 أو 18 أو 24- طريق وتكون أماكن تثبيت القواطع مصنعة بحيث تقبل اللوحة تثبيت القواطع المصنعة من الشركة نفسها وليس غيرها ونادرا ما تجد قواطع لشركات مختلفة تثبت في لوحات مصنوعة من قبل شركات أخرى.





الشكل (7- 22) : لوحة توزيع نهائية FBD ذات 12- موضع (طريق) .

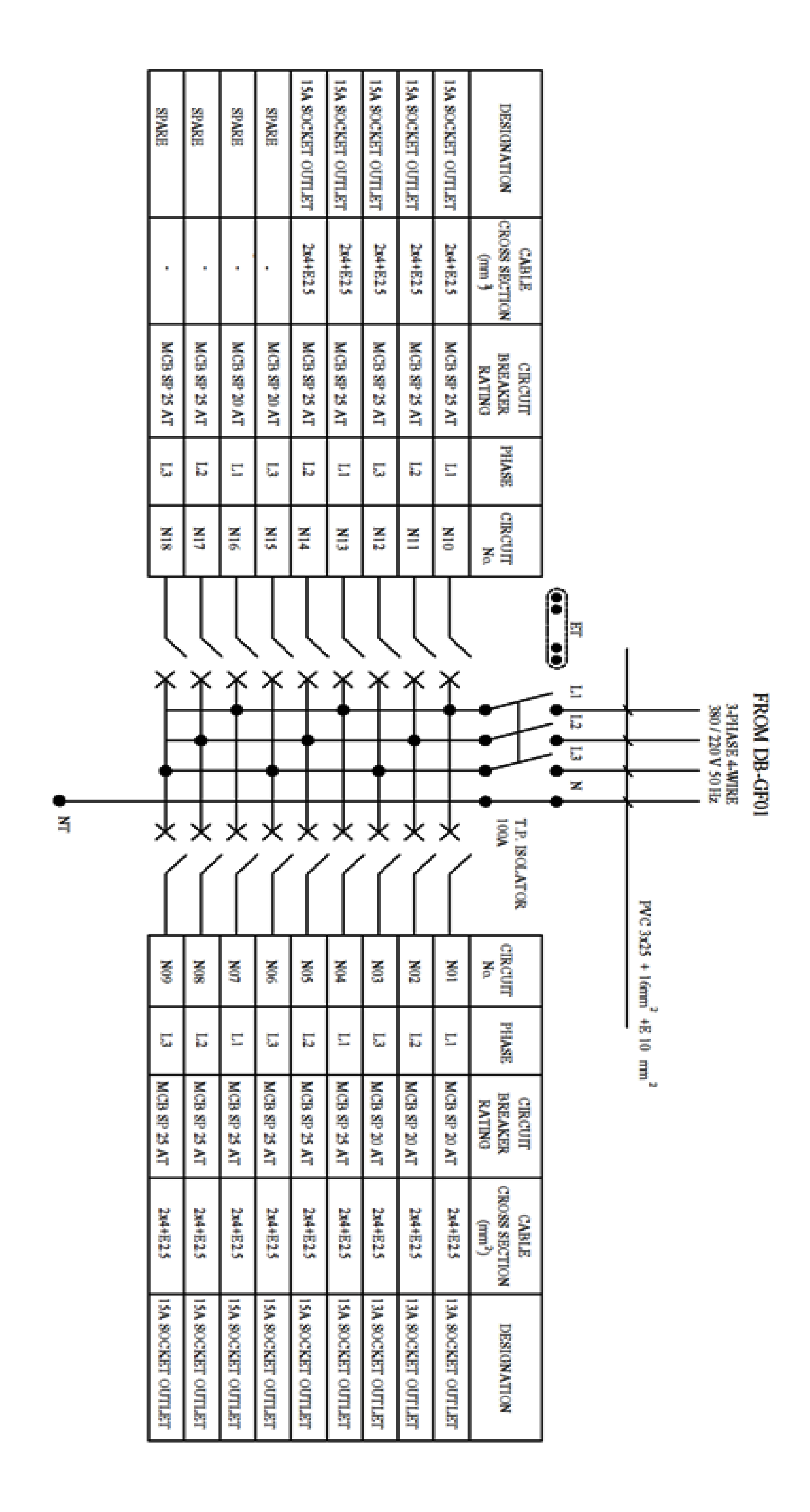
كذلك يبين الشكل(7- 23) نموذجا لتصميم لوحة نهائية للإنارة والقدرة سعة 24 خط . وقد تتخصص لوحات التوزيع النهائية بالإنارة فقط أو بالقدرة فقط حسب رأي المصمم لعزل دوائر القدرة عن الأنارة في أغلب الحالات لضمان عدم تأثير الأعطال التي غالبا ما تحدث في دوائر القدرة عن دوائر الإنارة ، إلا أن هذه ليست قاعدة ويتبع رأي المصمم. ويبين الشكل (7- 24) لوحة توزيع نهائية خاصة بدوائر القدرة. أما الشكل (7- 25) فيبين أسلوب آخر لرسم لوحة التوزيع النهائية بهيئة جدول توضح فيه أنواع قواطع الدائرة وحجوم الأسلاك وتوزيع الأحمال على الأطوار الثلاثة.



DESIGNATION	CABLE CROSS SECTION (mm²)	CIRCUIT BREAKER RATING	PHASE	CIRCUIT No.
13A SOCKET OUTLETS	2X4+E4	MCB SP 20AT	L1	N19
13A SOCKET OUTLETS	2X4+E4	MCB SP 20AT	L2	N20
15A SOCKET OUTLETS	2X4+E4	MCB SP 25AT	L3	N21
15A SOCKET OUTLETS	2X4+E4	MCB SP 25AT	L1	N22
15A SOCKET OUTLETS	2X4+E4	MCB SP 25AT	L2	N23
15A SOCKET OUTLETS	2X4+E4	MCB SP 25AT	L3	N24
15A SOCKET OUTLETS	2X4+E4	MCB SP 25AT	L1	N25
15A SOCKET OUTLETS	2X4+E4	MCB SP 25AT	L2	N26
15A SOCKET OUTLETS	2X4+E4	MCB SP 25AT	L3	N27
15A SOCKET OUTLETS	2X4+E4	MCB SP 25AT	L1	N28
15A SOCKET OUTLETS	2X4+E4	MCB SP 25AT	L2	N29
15A SOCKET OUTLETS	2X4+E4	MCB SP 25AT	L3	N30
15A SOCKET OUTLETS	2X4+E4	MCB SP 25AT	L1	N31
15A SOCKET OUTLETS	2X4+E4	MCB SP 25AT	L2	N32
15A SOCKET OUTLETS	2X4+E	MCB SP 25AT	L3	N33
15A SOCKET OUTLETS	2X4+E4	MCB SP 25AT	L1	N34
SPARE	———	MCB SP AT	L2	N35
SPARE	———	MCB SP AT	L3	N36

CIRCUIT No.	PHASE	CIRCUIT BREAKER RATING	CABLE CROSS SECTION (mm²)	DESIGNATION
N01	L1	MCB SP 15AT	2X2.5+E2.5	LIGHTING & EXC. FAN
N02	L2	MCB SP 15AT	2X2.5+E2.5	LIGHTING & EXC. FAN
N03	L3	MCB SP 15AT	2X2.5+E2.5	LIGHTING & EXC. FAN
N04	L1	MCB SP 15AT	2X2.5+E2.5	LIGHTING & EXC. FAN
N05	L2	MCB SP 15AT	2X2.5+E2.5	LIGHTING & EXC. FAN
N06	L3	MCB SP 15AT	2X2.5+E2.5	LIGHTING & EXC. FAN
N07	L1	MCB SP 15AT	2X2.5+E2.5	LIGHTING & EXC. FAN
N08	L2	MCB SP 15AT	2X2.5+E2.5	LIGHTING & EXC. FAN
N09	L3	MCB SP 15AT	2X2.5+E2.5	LIGHTING & EXC. FAN
N10	L1	MCB SP 15AT	2X2.5+E2.5	LIGHTING & EXC. FAN
N11	L2	MCB SP 15AT	2X2.5+E2.5	LIGHTING & EXC. FAN
N12	L3	MCB SP 15AT	2X2.5+E2.5	LIGHTING & EXC. FAN
N13	L1	MCB SP 15AT	2X2.5+E2.5	ROOF LIGHTING
N14	L2	MCB SP 20AT	2X4+E4	13A SOCKET OUTLETS
N15	L3	MCB SP 20AT	2X4+E4	13A SOCKET OUTLETS
N16	L1	MCB SP 20AT	2X4+E4	13A SOCKET OUTLETS
N17	L2	MCB SP 20AT	2X4+E4	13A SOCKET OUTLETS
N18	L3	MCB SP 20AT	2X4+E4	13A SOCKET OUTLETS

الشكل(7- 23) نموذج لتصميم لوحة نهائية للإنارة والقدرة (مختلطة) سعة 36 خط .



CIRCUIT No.	PHASE	CIRCUIT BREAKER RATING	CABLE CROSS SECTION (mm²)	DESIGNATION
N01	L1	MCB SP 20 AT	2x4+E2.5	13A SOCKET OUTLET
N02	L2	MCB SP 20 AT	2x4+E2.5	13A SOCKET OUTLET
N03	L3	MCB SP 20 AT	2x4+E2.5	13A SOCKET OUTLET
N04	L1	MCB SP 25 AT	2x4+E2.5	15A SOCKET OUTLET
N05	L2	MCB SP 25 AT	2x4+E2.5	15A SOCKET OUTLET
N06	L3	MCB SP 25 AT	2x4+E2.5	15A SOCKET OUTLET
N07	L1	MCB SP 25 AT	2x4+E2.5	15A SOCKET OUTLET
N08	L2	MCB SP 25 AT	2x4+E2.5	15A SOCKET OUTLET
N09	L3	MCB SP 25 AT	2x4+E2.5	15A SOCKET OUTLET

CIRCUIT No.	PHASE	CIRCUIT BREAKER RATING	CABLE CROSS SECTION (mm²)	DESIGNATION
N10	L1	MCB SP 25 AT	2x4+E2.5	15A SOCKET OUTLET
N11	L2	MCB SP 25 AT	2x4+E2.5	15A SOCKET OUTLET
N12	L3	MCB SP 25 AT	2x4+E2.5	15A SOCKET OUTLET
N13	L1	MCB SP 25 AT	2x4+E2.5	15A SOCKET OUTLET
N14	L2	MCB SP 25 AT	2x4+E2.5	15A SOCKET OUTLET
N15	L3	MCB SP 20 AT	-	SPARE
N16	L1	MCB SP 20 AT	-	SPARE
N17	L2	MCB SP 25 AT	-	SPARE
N18	L3	MCB SP 25 AT	-	SPARE

الشكل(7- 24) نموذج لتصميم لوحة نهائية للقدرة الصغيرة فقط سعة 18 خط .

PROJECT: UNIVERSITY- BUILDING 2D
PANEL REF: LDB-L1-1 42 Ways
FED FROM: SMDB-L1-2
LOCATION: LEVEL 1

LIGHTING DISTRIBUTION SCHEDULE (3-PHASE)

CIR NO.	MCB RTG. (A)	RCBO (mA)	CT WIRE (mm2)	ECC WIRE (mm2)	ROOM / AREA	CONNECTED LOADS / POINTS					CIRCUIT LOAD (W)		
						No. Load	No. Load	No. Load	No. Load	No. Load	R	Y	B
R1	16*	100	2X2.5	2.5	FEMALE STAFF AMENITIES						420		
Y1	16	100	2X2.5	2.5	STAFF ENTRY							280	
B1	16	100	2X2.5	2.5	OFFICES								520
R2	16	100	2X2.5	2.5	DISH WASH						1040		
Y2	16*	100	2X2.5	2.5	CORRIDOR							500	
B2	16	100	2X2.5	2.5	CROCKERY+POT WASH								960
R3	16*	100	2X2.5	2.5	TILTING&OVENS&GRIDDLES						1320		
Y3	16*	100	2X2.5	2.5	KITCHEN CORRIDOR							960	
B3	16*	100	2X2.5	2.5	CHEFS OFFICE								1600
R4	16*	100	2X2.5	2.5	FRYERS& OPEN BURNERS						940		
Y4	16*	100	2X2.5	2.5	LOBBY							250	
B4	16	100	2X2.5	2.5	MTR+SMDB'S								480
R5	16*	100	2X2.5	2.5	DELIVERIES ENTRY						550		
Y5	16*	100	2X2.5	2.5	FINAL FINISHING& HOLDING							960	
B5	16	100	2X2.5	2.5	PASTERY&BAKERY								1340
R6	16*	100	2X2.5	2.5	SANDWITCH+BBQ AREA						1260		
Y6	16*	100	2X2.5	2.5	VEGETABLE PREP.							960	
B6	16	100	2X2.5	2.5	BASTERY&BAKERY								640
R7	16	100	2X2.5	2.5	DRY STORES+DELIVERY						560		
Y7	16	100	2X2.5	2.5	WASTE+MDB+ELEC. CUPBD.							1360	
B7	16*	100	2X2.5	2.5	FINAL FINISHING& HOLDING								960
R8	16*	100	2X2.5	2.5	FISH PREPARATION						960		
Y8	16*	100	2X2.5	2.5	FINAL FINISHING& HOLDING							1280	
B8	16*	100	2X2.5	2.5	KITCHEN CORRIDOR								1440
R9	16*	100	2X2.5	2.5	TILTING&OVENS&GRIDDLES						960		
Y9	16*	100	2X2.5	2.5	TILTING&OVENS&GRIDDLES							960	
B9	16*	100	2X2.5	2.5	FRUIT&SALAD PREP.								960
R10	16*	100	2X2.5	2.5	KITCHEN CORRIDOR						960		
Y10	16	100	2X2.5	2.5	STAFF ROOM							480	
B10	16*	100	2X2.5	2.5	MALE STAFF AMENITIES								510
R11	16*	100	2X2.5	2.5	STAIRCASE						180		
Y11	16	100	2X2.5	2.5	DELIVERY LOADING&STORES							880	
B11	16*	100	2X2.5	2.5	BUTCHERY								960
R12	16	100	2X2.5	2.5	HYDRAULIC PLANT ROOM						490		
Y12	16	100	2X2.5	2.5	MECHANICAL PLANT ROOM							1210	
B12	16	100			SPARE								
R13	16*	100			SPARE								
Y13	16*	100			SPARE								
B13	16*	100			SPARE								
R14	16	100			SPARE								
Y14	16	100			SPARE								
B14	16	100			SPARE								
INCOMING CABLE:(4X16)mm²CU,XLPE/SWA/LSFOH+1X16mm²CU,PVC										CONNECTED LOAD:	9640	10080	10370
INCOMER RATING :80A										TOTAL CONNECTED LOAD (W):	30,090		
S.C. RATING (I.C.):10KA										DEMAND FACTOR:	1		
REMARKS: * 20A CONTACTOR										TOTAL DEMAND (W):	30,090		

الشكل(7- 25) نموذج لتصميم لوحة نهائية ذات 42 طريق باسلوب الجدول.

7-5-5 لوحات التوزيع الفرعية

تستخدم لوحات التوزيع الفرعية في أغلب الأحيان في الأبنية المتخصصة مثل المستشفيات والمصارف والمختبرات والبنايات الحكومية المتعددة الطوابق . وغالبا ما تغذى هذه اللوحات من اللوحات النهائية (الختامية) أو من اللوحات الثانوية أو من اللوحات الرئيسية المساعدة الخاصة بالتبريد مثلا . وتكون أما وحيدة الطور أو ثلاثية الطور حسب الحاجة ، ويبين الشكل (7- 26) لوحة توزيع فرعية لتغذية مراوح التبريد الثانوية (Fan coils) في إحدى البنايات الكبيرة .

وقد تتفرع هذه اللوحات من لوحات التوزيع النهائية (في حالات خاصة) لتغذية أحمال تتطلب عزلاً للسلك المحايد من المنظومة الأصلية بواسطة محولات عزل (Isolating transformers) وذلك لضمان عدم تأثير عطل التأريض على الأجهزة الحساسة المربوطة الى المنظومة الكهربائية مثل الأجهزة الطبية المتخصصة في غرف المرضى وغرف العمليات و غرف الإنعاش في بنايات المستشفيات أو المختبرات التخصصية ، لاحظ الشكلين (7- 27) و (7– 28) .

7-5-6 اللوحات التخصصية

تصمم اللوحات التخصصية لتنفيذ وظائف متعددة ومتخصصة كأن تغذي مجموعة كبيرة من وحدات الإنارة أو تسيطر عليها في مصنع كبير أو محطة توليد أو أوكار الطائرات الكبيرة . وقد تغذي هذه اللوحة مآخذ القدرة الإعتيادية والصناعية إضافة إلى وحدات الإنارة . وعادة ما تحتوي هذه اللوحات على نبائط سيطرة وأجهزة غلق وفتح وملامسات (كونتكترات) ، أنظر الشكل (7- 29) والشكل (7- 30) الذي يوضح لوحة سيطرة متخصصة للإنارة الخارجية لموقع صغير .

7-5 -7 اللوحات المركزية للتحكم في المحركات الكهربائية (MCCs) :

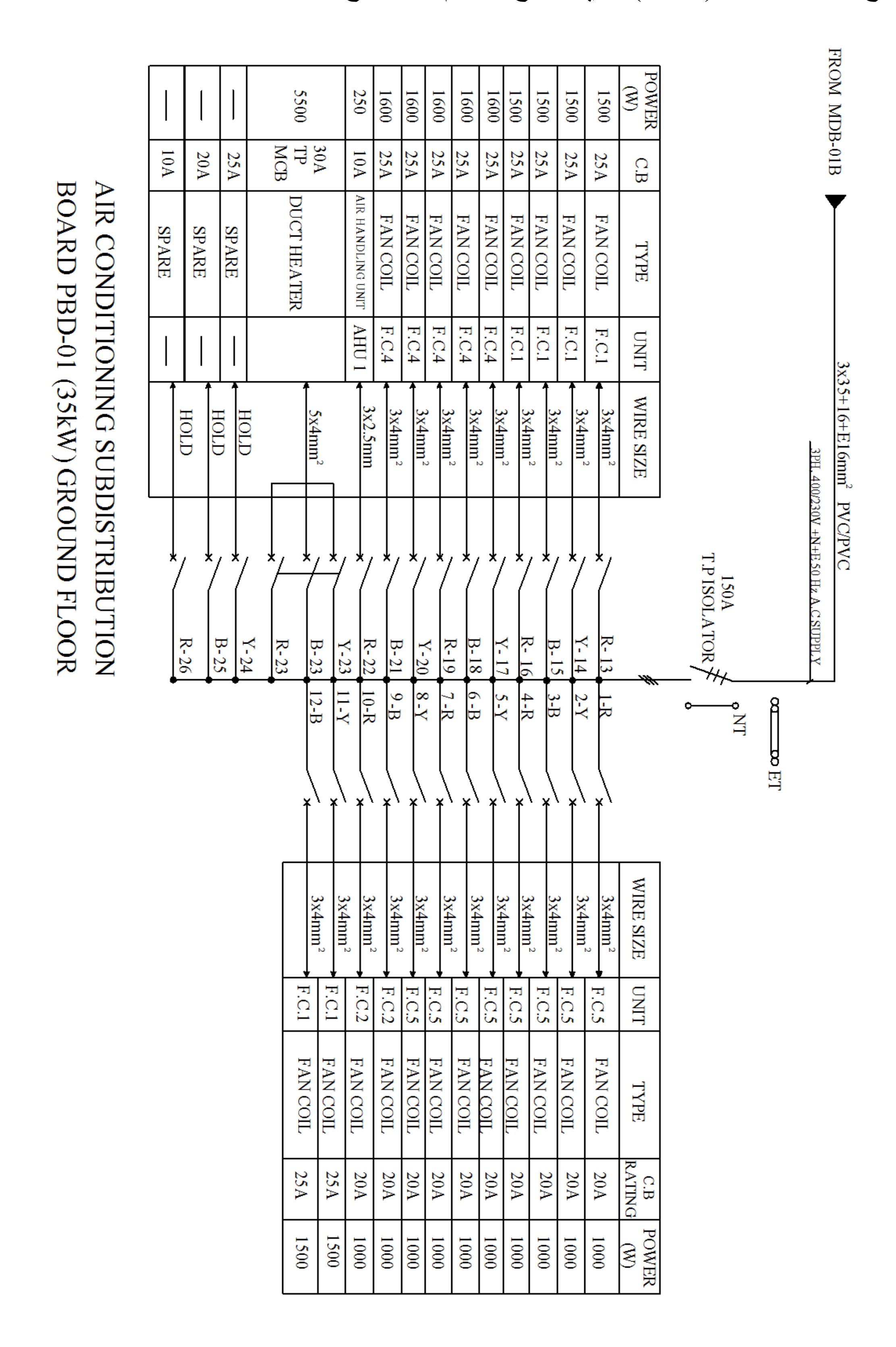
ترتبط هذه اللوحات باللوحة الرئيسية للفولتية المنخفضة أو لوحة التوزيع المساعدة في البناية وتكون صغيرة أو متوسطة أو كبيرة الحجم حسب تصميها من حيث عدد وقدرات المحركات التي تقوم بالسيطرة عليها .

وتحتوي هذه اللوحة على قواطع الدائرة الخاصة لحماية كل محرك وبوادىء الحركة Starters ومفاتيح التشغيل والملامسات Contactors وأجهزة قياس التيار والفولتية واجهزة حماية ضد عطل الطورالواحد Phase failure وتجاوز التيار والفولتية ، لاحظ الشكل (7- 31) الذي يوضح تصميما لمثل هذه اللوحات

7-5-8 لوحات التوزيع الرئيسية للأبنية الممتدة عموديا (الأبراج)

لا يختلف تصميم لوحات التوزيع لبنايات الأبراج ذات الطوابق الكثيرة عن الأبنية الإعتيادية متعددة الطوابق سوي استخدام مسارب الكيبلات Bus Ducts بدل الكيبلات الإعتيادية لتغذية الطوابق وكل

مسرب يغذي عدد معين من الطوابق بينما يخصص احدها لتغذية الطابق الحاوي على المعدات الفنية التي تخدم البرج ، أنظر الشكل (7- 32) الذي يوضح تصميم لهذا النوع من اللوحات .



الشكل (7- 26) لوحة توزيع فرعية لتغذية مراوح التبريد الثانوية (Fan coils) .

FROM-DB-TF
3-PHASE 4-WIRE
400 / 230 V 50 Hz

PVC 4x16mm² +E 10 mm²

L1 L2 L3 N

ET

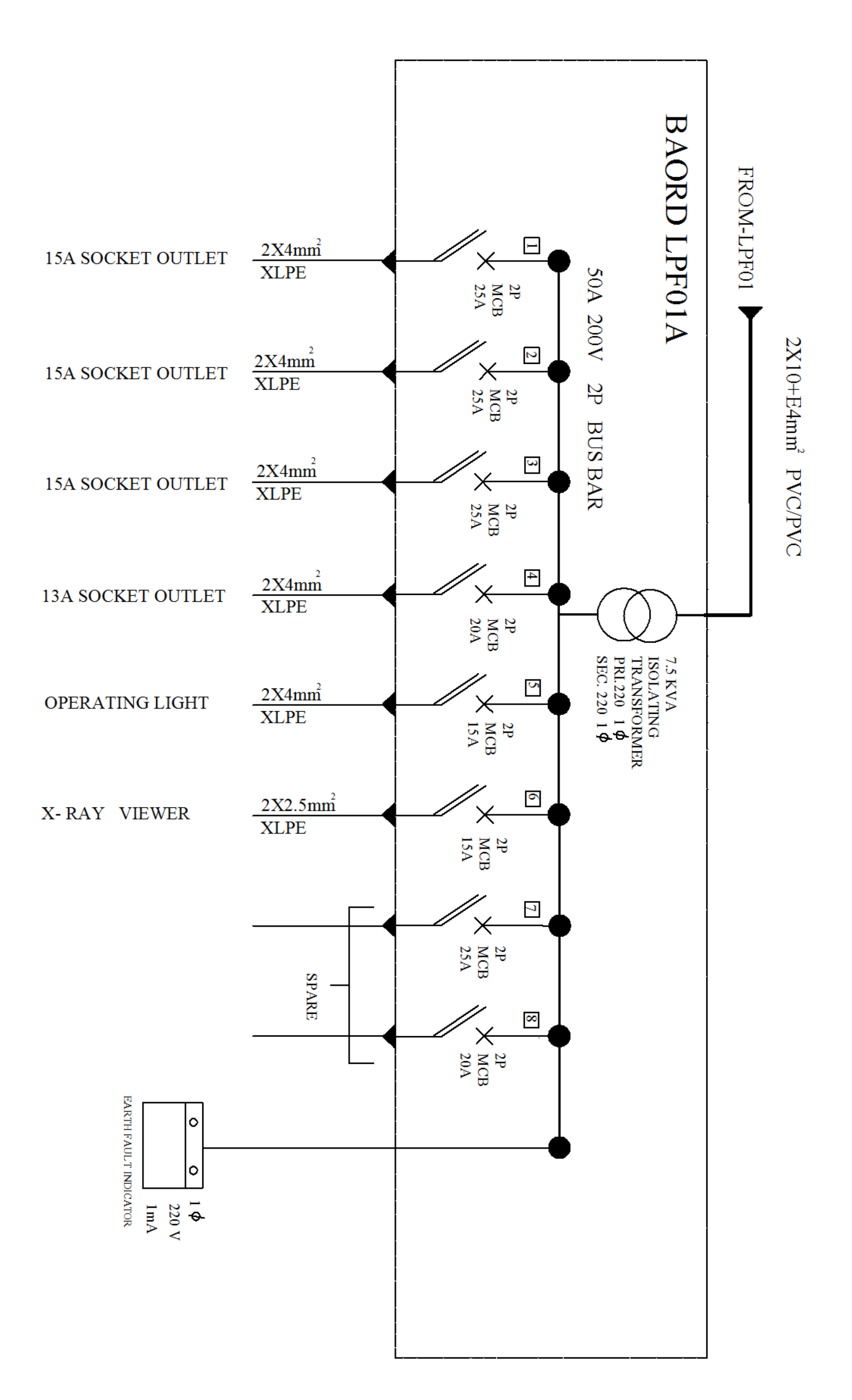
T.P. ISOLATOR
100A

DESIGNATION	CABLE CROSS SECTION (mm²)	CIRCUIT BREAKER RATING	PHASE	CIRCUIT No.
BU65,BU66,BU67	2x4+E4	MCB SP 20 AT	L1	N10
BU68,BU69,BU70	2x4+E4	MCB SP 20 AT	L2	N11
BU71,BU72,BU73	2x4+E4	MCB SP 20 AT	L3	N12
BU74,BU75,BU76	2x4+E4	MCB SP 20 AT	L1	N13
BU77,BU78	2x4+E4	MCB SP 20 AT	L2	N14
SPARE	-	MCB SP 20 AT	L3	N15
SPARE	-	MCB SP 20 AT	L1	N16
SPARE	-	MCB SP 20 AT	L2	N17
SPARE	-	MCB SP 20 AT	L3	N18

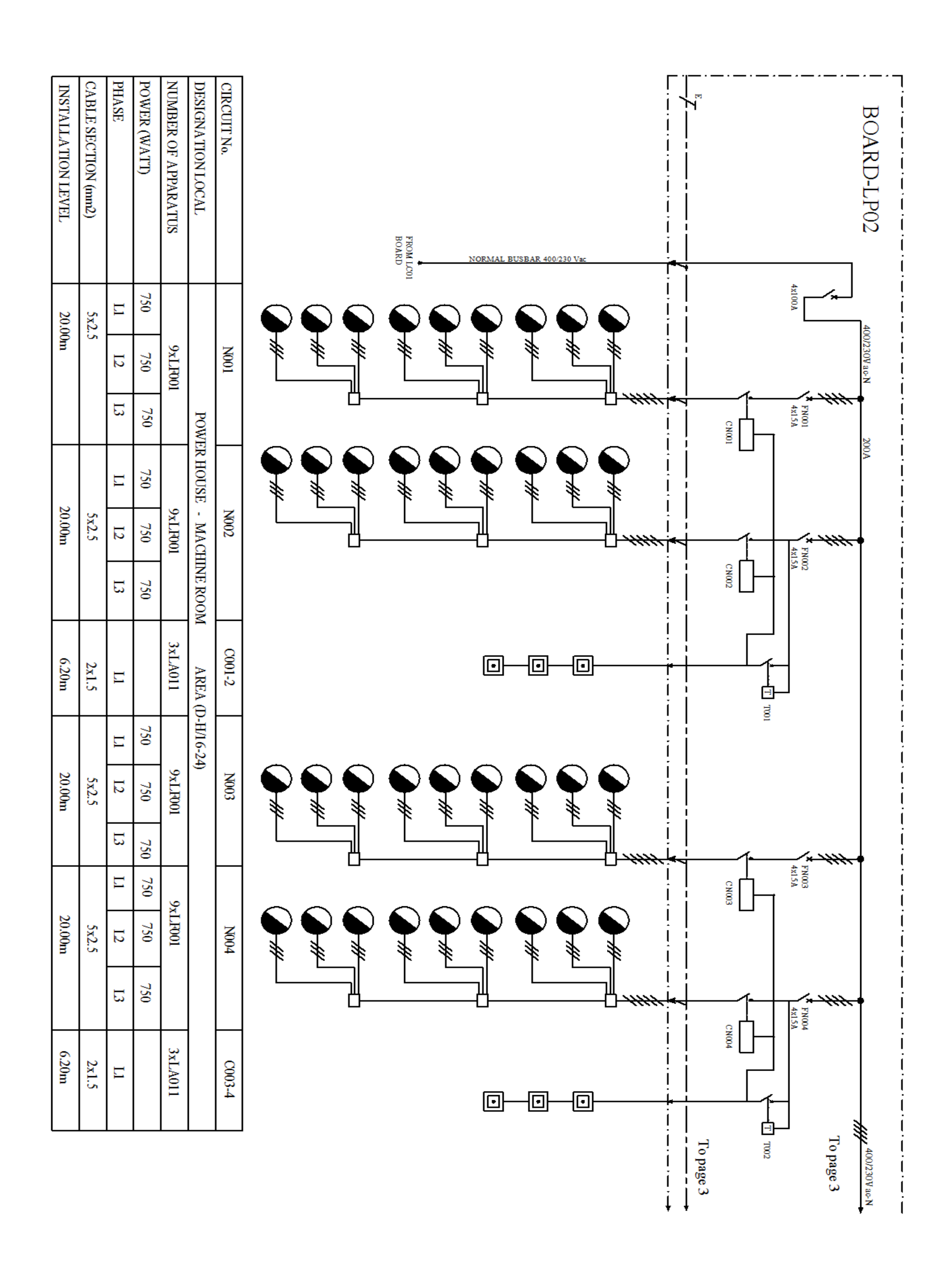
CIRCUIT No.	PHASE	CIRCUIT BREAKER RATING	CABLE CROSS SECTION (mm²)	DESIGNATION
N01	L1	MCB SP 20 AT	2x4+E4	BU40,BU41,BU42
N02	L2	MCB SP 20 AT	2x4+E4	BU43,BU44,BU45
N03	L3	MCB SP 20 AT	2x4+E4	BU46,BU47,BU48
N04	L1	MCB SP 20 AT	2x4+E4	BU49,BU50
N05	L2	MCB SP 20 AT	2x4+E4	BU51,BU52,BU53
N06	L3	MCB SP 20 AT	2x4+E4	BU54,BU55,BU56
N07	L1	MCB SP 20 AT	2x4+E4	BU57,BU58,BU59
N08	L2	MCB SP 20 AT	2x4+E4	BU60,BU61
N09	L3	MCB SP 20 AT	2x4+E4	BU62,BU63,BU64

BED HEAD UNITS & SMALL POWER
FINAL DISTRIBUTION BOARD-PPT03 (21kW)

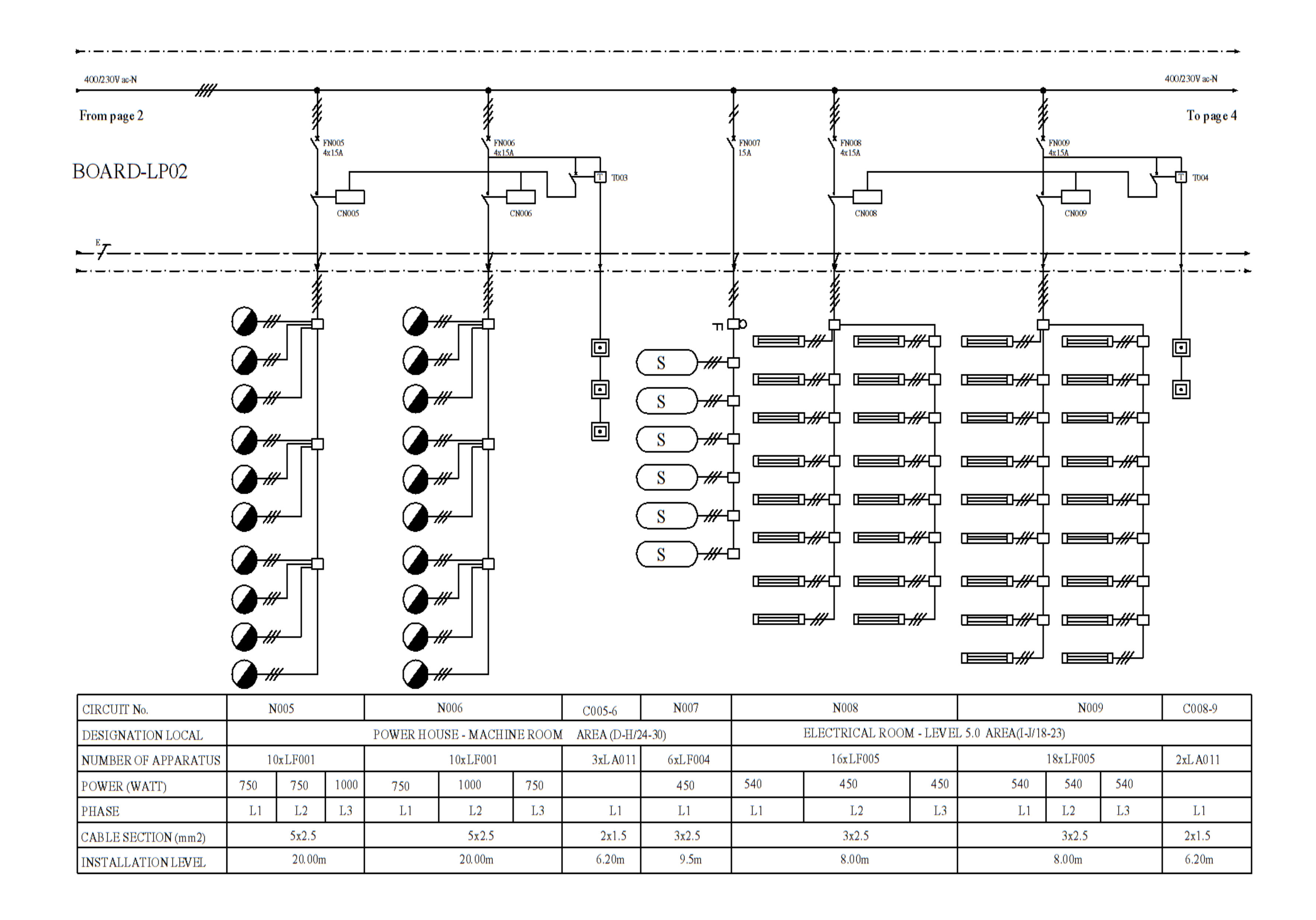
الشكل (7- 27) تصميم لوحة توزيع فرعية لتغذية وحدات المريض(Bedhead Units) في إحدى المستشفيات .



الشكل (7- 28) تصميم لوحة توزيع فرعية لتغذية أجهزة غرف العمليات في إحدى المستشفيات، لاحظ إنه تم إستخدام محول عازل لحماية الأجهزة الطبية من خطر التداخل أو عطل التأريض.

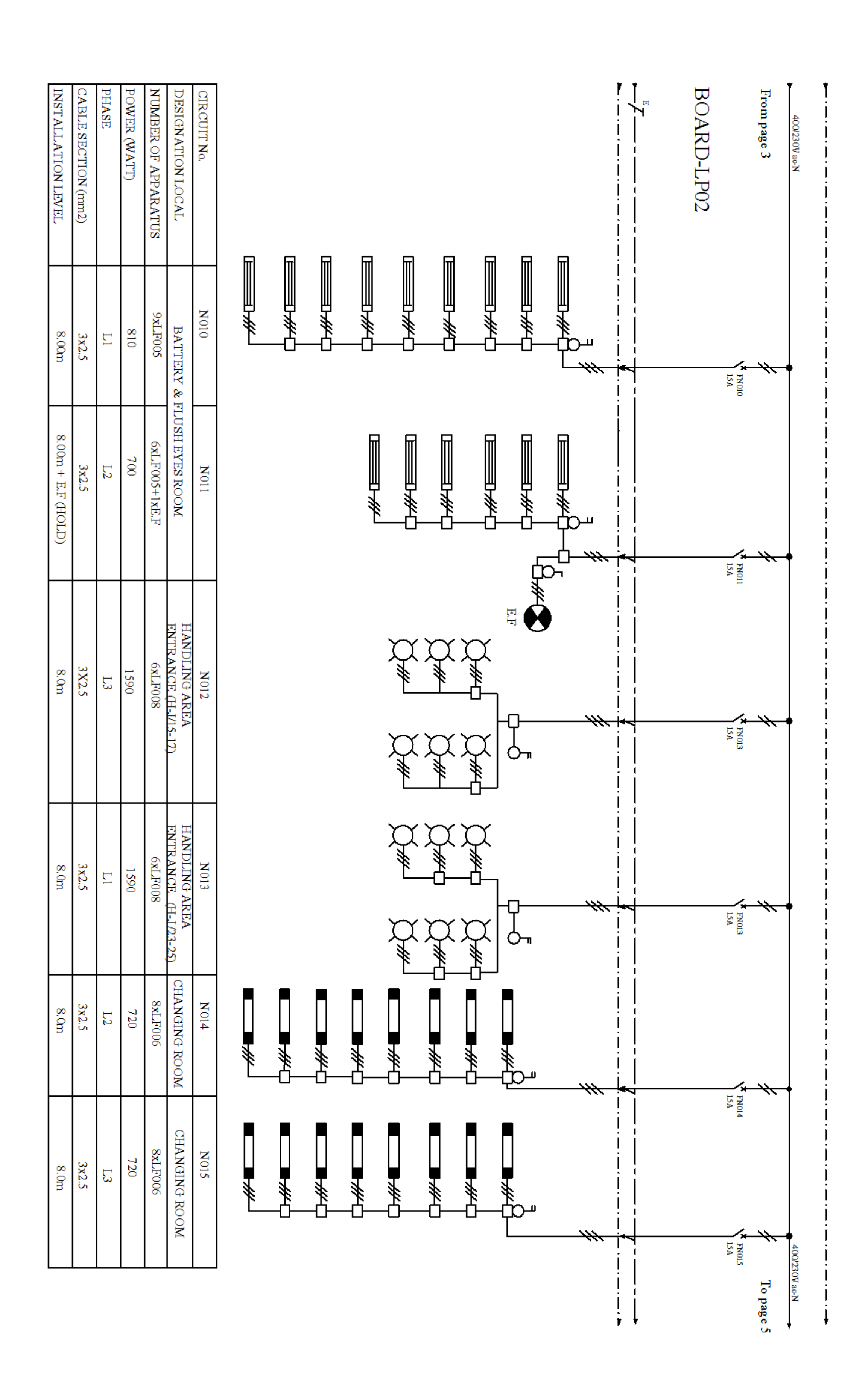


الشكل(7- 29) نموذج لتصميم لوحة تخصصية للإنارة والقدرة في محطة توليد (تتمة اللوحة في الصفحات (الأشكال) التالية) .



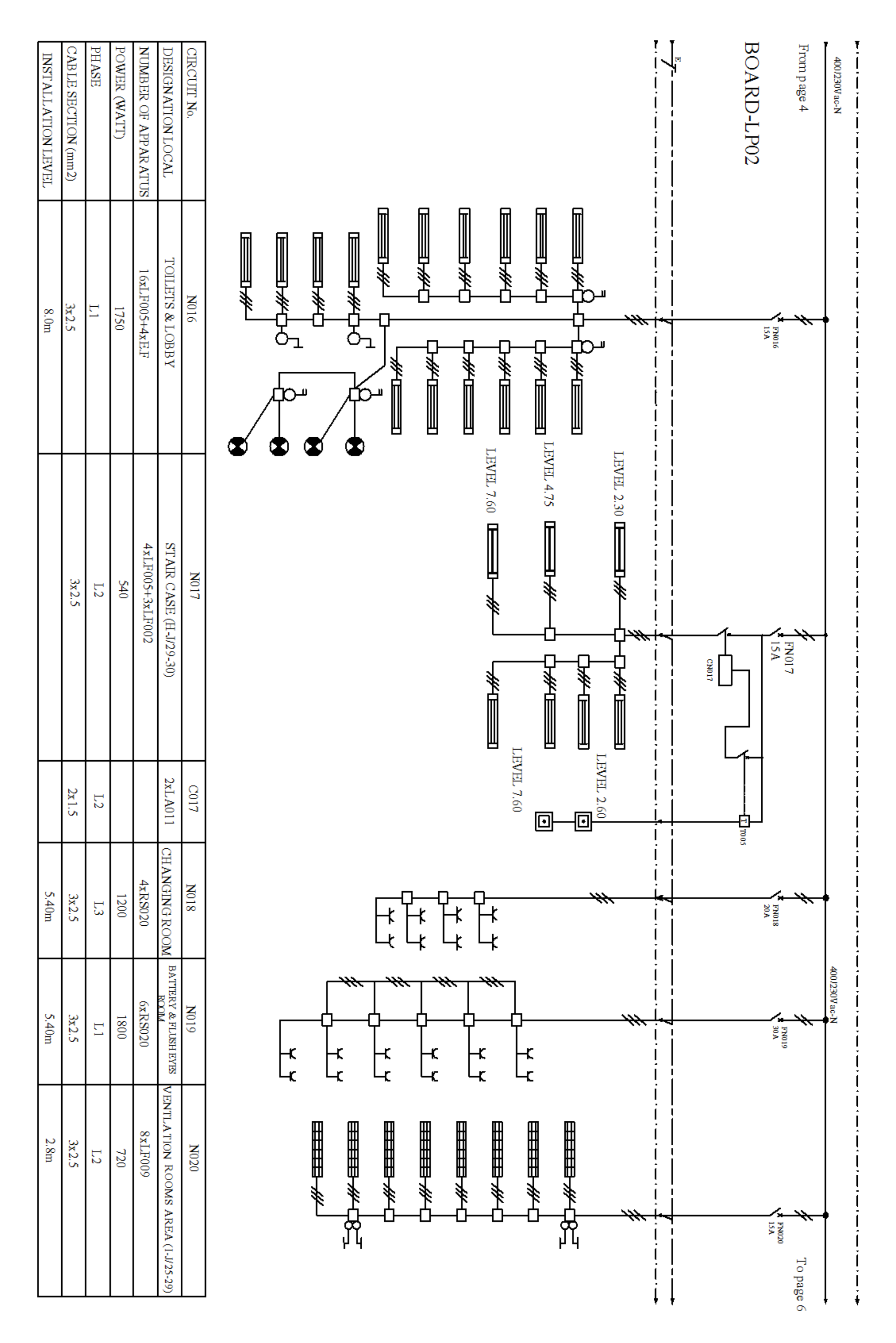
CIRCUIT No.	N005			N006			C005-6	N007	N008			N009			C008-9
DESIGNATION LOCAL	POWER HOUSE - MACHINE ROOM AREA (D-H/24-30)								ELECTRICAL ROOM - LEVEL 5.0 AREA(I-J/18-23)						
NUMBER OF APPARATUS	10xLF001			10xLF001			3xLA011	6xLF004	16xLF005			18xLF005			2xLA011
POWER (WATT)	750	750	1000	750	1000	750		450	540	450	450	540	540	540	
PHASE	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L1	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1
CABLE SECTION (mm2)	5x2.5			5x2.5			2x1.5	3x2.5	3x2.5			3x2.5			2x1.5
INSTALLATION LEVEL	20.00m			20.00m			6.20m	9.5m	8.00m			8.00m			6.20m

تابع الشكل(7- 29) (تتمة اللوحة في الشكل التالي) .

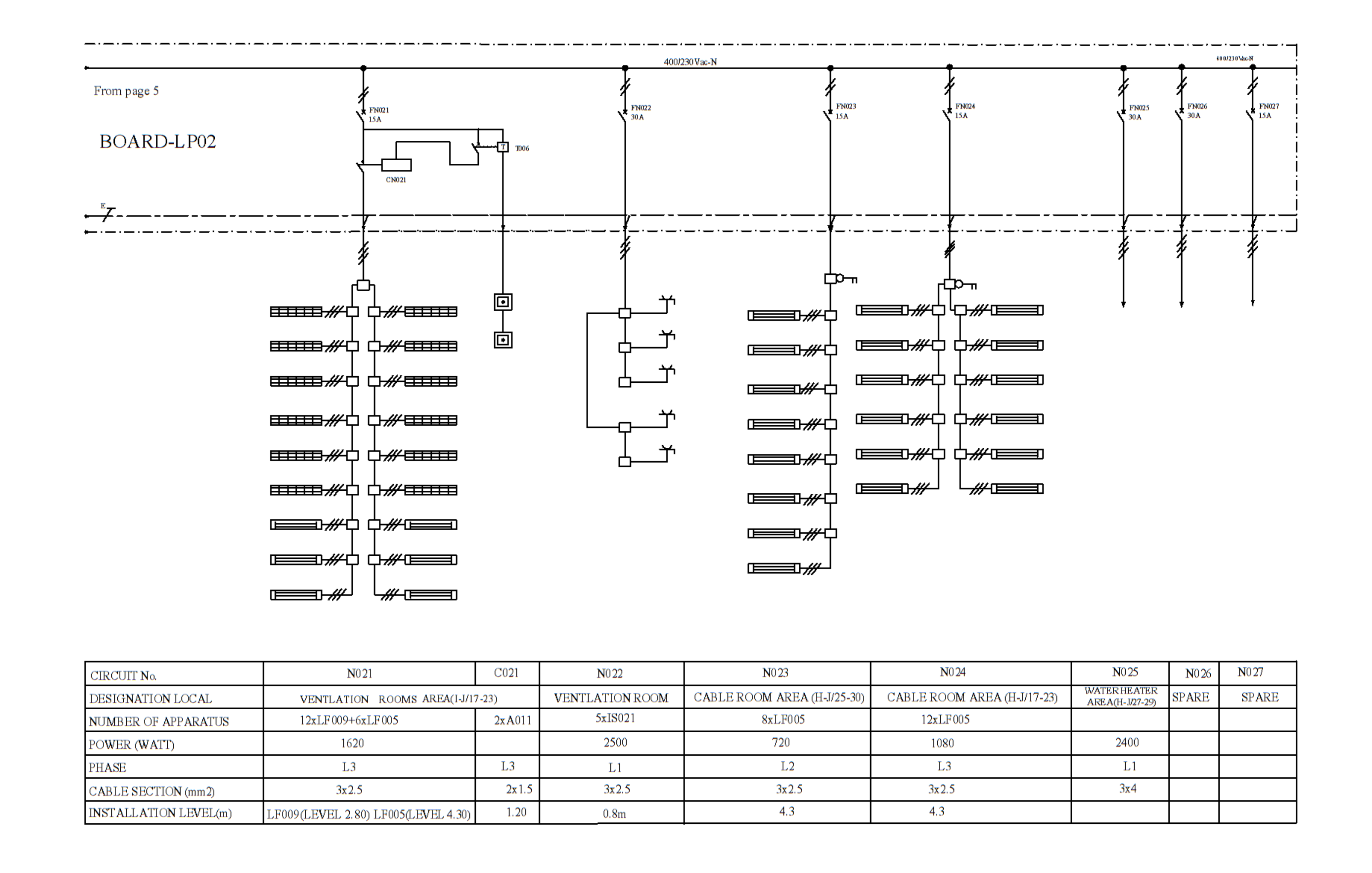


CIRCUIT No.	N010	N011	N012	N013	N014	N015
DESIGNATION LOCAL	BATTERY & FLUSH EYES ROOM		HANDLING AREA ENTRANCE (1L-1/15-17)	HANDLING AREA ENTRANCE (1L-1/23-25)	CHANGING ROOM	CHANGING ROOM
NUMBER OF APPARATUS	9xLF005	6xLF005+1xE.F	6xLF008	6xLF008	8xLF006	8xLF006
POWER (WATT)	810	700	1590	1590	720	720
PHASE	L1	L2	L3	L1	L2	L3
CABLE SECTION (mm2)	3x2.5	3x2.5	3X2.5	3x2.5	3x2.5	3x2.5
INSTALLATION LEVEL	8.00m	8.00m + E.F (HOLD)	8.0m	8.0m	8.0m	8.0m

تابع الشكل(7- 29) (تتمة اللوحة في الشكل التالي) .

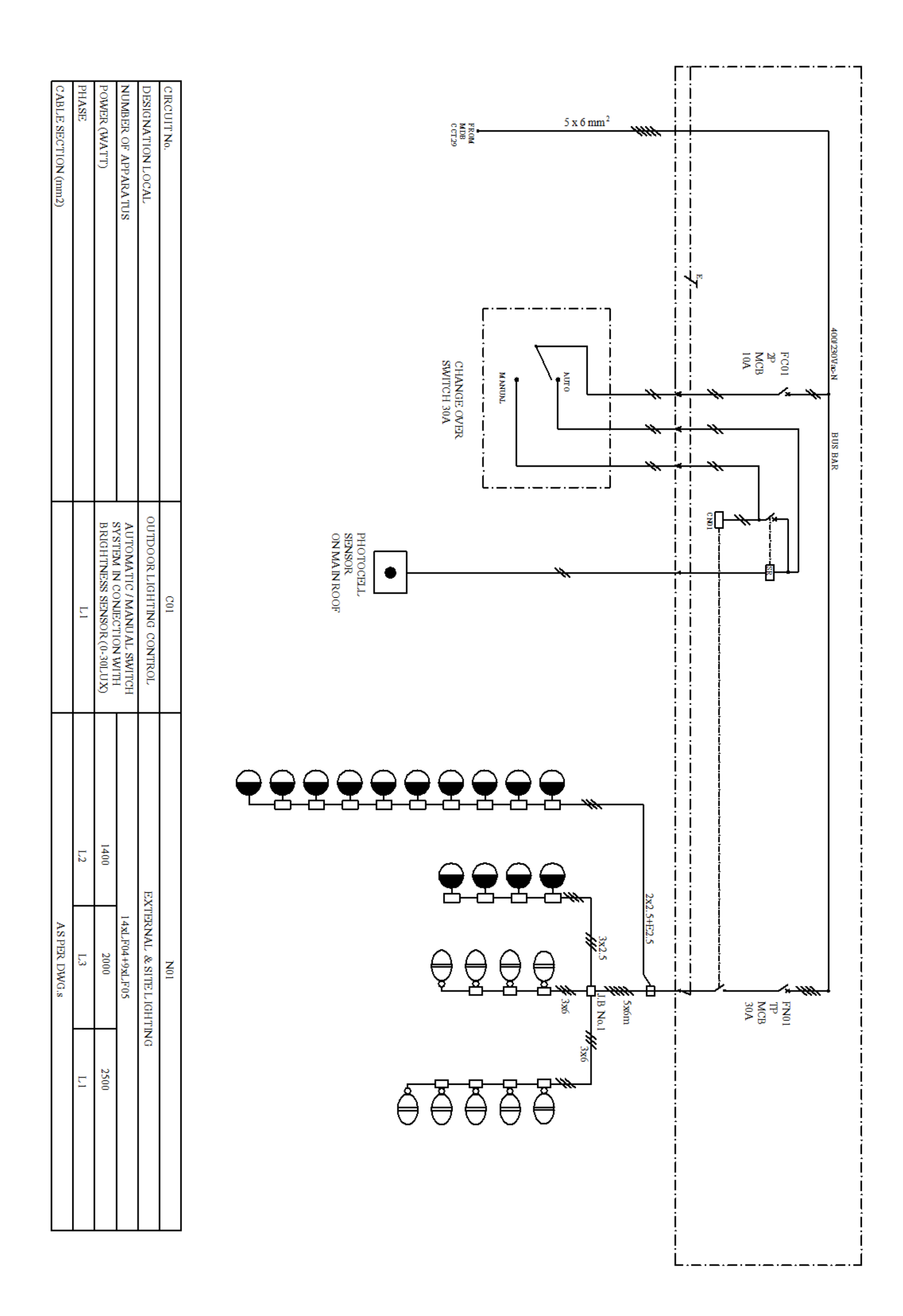


تابع الشكل(7- 29) (تتمة اللوحة في الشكل التالي) .



CIRCUIT No.	N021	C021	N022	N023	N024	N025	N026	N027
DESIGNATION LOCAL	VENTLATION ROOMS AREA(I-J/17-23)		VENTLATION ROOM	CABLE ROOM AREA (H-J/25-30)	CABLE ROOM AREA (H-J/17-23)	WATER HEATER AREA(H-J/27-29)	SPARE	SPARE
NUMBER OF APPARATUS	12xLF009+6xLF005	2xA011	5xIS021	8xLF005	12xLF005			
POWER (WATT)	1620		2500	720	1080	2400		
PHASE	L3	L3	L1	L2	L3	L1		
CABLE SECTION (mm2)	3x2.5	2x1.5	3x2.5	3x2.5	3x2.5	3x4		
INSTALLATION LEVEL(m)	LF009(LEVEL 2.80) LF005(LEVEL 4.30)	1.20	0.8m	4.3	4.3			

تابع الشكل(7- 29) .



الشكل(7- 30) لوحة متخصصة بالإنارة الخارجية لموقع صغير.

LEGEND

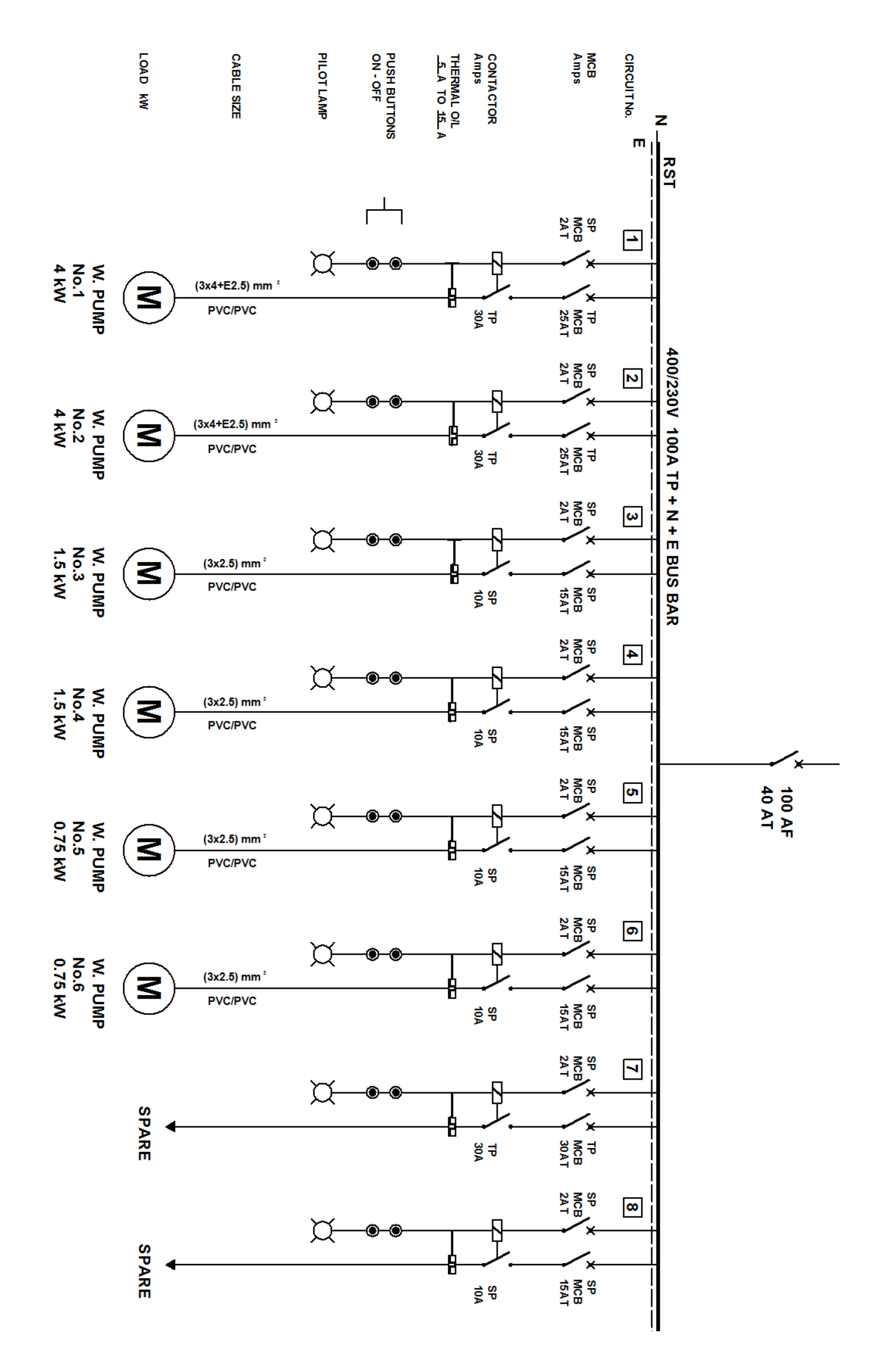
SYMBOL	DESCRIPTION	CODE
	INDUSTRIAL LUMINAIRE WITH REFLECTOR & METAL HALIDE LAMP 250/150 W	LF001
	WEATHER-PROOF FLUORESCENT LUMINAIRE 1X36W	LF002
	EMERGENCY LIGHTING UNIT "EXIT" 2X8W	LF003
	SAFETY LIGHT LUMINAIRE 36W FLUORESCENT WITH BUILT-IN BATTERY.	LF004
	WEATHER-PROUF FLUORESCENT LUMINAIRE 2X36W	LF005
	FLUORESCENT LUMINAIRE WIITH REFLECTOR 2X36W	LF006
	RECESSED FLUORESCENT LUMINAIRE 4X18W 60X60 CM	LF007
	INDUSTRIAL LUMINAIRE WITH REFLECTOR & M.H.LAMP250W	LF008
	HIGHLY PROTECTED FLUORESCENT LUMINAIRE 2X36W	LF009
	INDUSTRIAL LUMINAIRE HIGH-BAY REFLECTOR WITH HIGH-PRESSURE MERCURY LAMP 250W SUITABLE FOR WORKING IN AMBIANT TEMPERATURE ABOVE 55C°	LF010
	FLOODLIGHT PROJECTOR SODIUM WITH HIGH-PRESSURE250W	LF011
	ROADLIGH SODIUM HIGH-PRESSURE150W WITH 7m hight pole	LF012
	ROADLIGHT SODIUM HIGH-PRESSURE 2X 150W POLE H=7M	LF013
	2-GANG(2-POLE)10A RECESSED SWITCH	LA010
	WEATHER-PROOF SURFACE-MOUNTED PUSH BUTTON 10A	LA011
	1-GANG(1-POLE)10A RECESSED SWITCH	LA012
	TWO-WAY 10A RECESSED SWITCH	LA013
	ROTARY SWITCH WALL -MOUNTED 10A 2-POLE	LA014
	ROTARY SWITCH SURFACE-MOUTED TWO-WAY 10A INDUSTERIAL TYPE	LA015
	ROTARY SWITCH WALL-MOUNED ONE- POLE 10A INDUSTERIAL TYPE	LA016

تابع الشكلان (7- 29) و(7 - 30) : الرموز والمصطلحات .

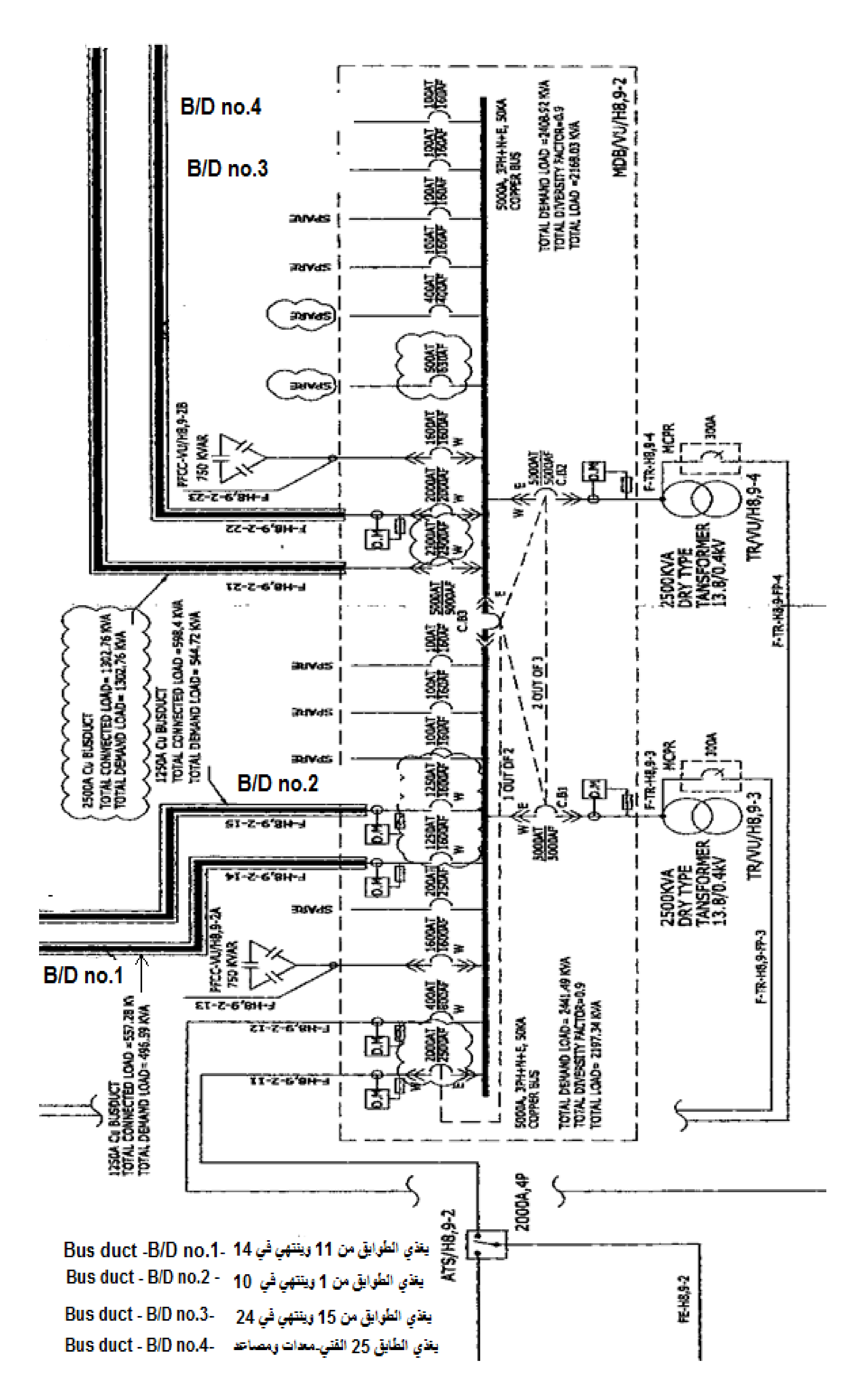
LEGEND

SYMBOL	DESCRIPTION	CODE
	TELERUPTER (IMPULSE) REMOTE CONTROL SWITCH SINGLE – POLE 220V AC-16A	T000
	RECESSED SOCKET OUTLET 2P+E-2GANG-13A	RS020
	EXH. FAN 12" DIA.(30cm)	EF00
	INDUSTRIAL TYPE SOCKET OUTLET 2P+E 16A	IS021
	INDUSTRIAL TYPE SOCKET OUTLET 3P+N+E 16A	IS022
	INDUSTRIAL TYPE SOCKET OUTLET 3P+N+E 63A	IS023
	MOULDED CASE CIRCUIT BREAKER (MCCB)	CB001
	CONTACTOR	CB002
	THREE-PHASE AND NEUTRAL BUSBAR	——
	DISTRABUTION BOARD	——
	WEATHER PROOF 400W HPS PROJECOR	

تابع الشكلان (7- 29) و(7 - 30) : الرموز والمصطلحات .



الشكل (7- 31) تصميم لوحة توزيع وسيطرة لتغذية محركات كهربائية (MCC) .



الشكل (7- 32) تصميم لوحة توزيع للفولتية المنخفظة لبناية برج كثير الطوابق.

6-7 حماية المحركات الكهربائية وتصاميم لوحات التحكم بها MCC

تعد المحركات الكهربائية من الأحمال الفعالة Active loads التي تختلف عن الأحمال الإعتيادية مثل الأحمال المقاومية أو الأحمال الحثية الهامدة Passive loads كون ان المحركات تسحب تياراً كبيراً في مرحلة بدء التشغيل Starting. وقد يصل مقدار تيار البدء الى سبعة أمثال التيار الذي يسحبه المحرك من المصدر في حالة التشغيل الإعتيادي. إلا أن تيار البدء الكبير Starting currentهذا لايستمر إلا لعدة ثوان (8-10ثانية حسب قدرة المحرك ونوعيته) . وقد يسبب التيار العالي هبوطا حادا فى الفولتية المغذية للشبكة (فولتية المصدر) مما يؤدي إلى فصل بعض الأحمال ، لذلك يجب ألا يزيد الهبوط فى فولتية المصدر أثناء بدء تشغيل المحرك عن 4 % ويتطلب ذلك أن يكون جهاز بدء التشغيل Starter قادرًا على تشغيل المحرك عدة مرات خلال الساعة الواحدة دون مشاكل للشبكة . وقبل الشروع في دراسة وتصاميم وسائل الحماية للمحركات يجدر بنا في هذه المرحلة التذكير واستعراض أهم طرق بدء تشغيل المحرك الحثي Induction motor أحادي الطور وثلاثي الطور كونهما اكثرالأنواع استخداما في الصناعة.

1- التشغيل المباشر من خط التغذية Direct On Line Starting (D.O.L)

تستخدم هذه الطريقة للمحركات ذات القدرة المنخفضة مما يضمن ألا تنخفض فولتية المصدر بأقل من 4% عن القيمة المقننة .في هذه الطريقة يصل التيار اللازم لبدء المحرك من 6 إلى 8 أمثال التيار الإسمي.

2- التشغيل بواسطة بادئ الحركة نوع مثلثي- نجمي Delta – star starter

في هذه الطريقة ينخفض تيار البدء من 2.5 إلى 3 أمثال التيار الأسمي وبذلك نؤمن عدم هبوط فولتية المصدر بنسبة كبيرة .

3- التشغيل بواسطة المحول الذاتي Auto-transformer : في هذه الطريقة ينخفض تيار البدء من 2.5 إلى 4 أمثال التيار الأسمي .

4- التشغيل بواسطة نبائط شبه الموصلة ذات القدرة العالية SCRs (التشغيل الناعم) .

أما طرق الحماية فهناك طريقتان شائعتان لحماية المحركات الكهربائية وكالآتي:

- الأولى باستخدام المصاهر المؤخرة للزمن Time-delay fuseمع إضافة وسيلة حماية ضد التحميل الزائد Overloading مع ملامس للتشغيل Contactor ،حيث تستخدم هذه الطريقة للمحركات التي لاتزيد قدرتها عن 150 حصان (110 كيلواط) .

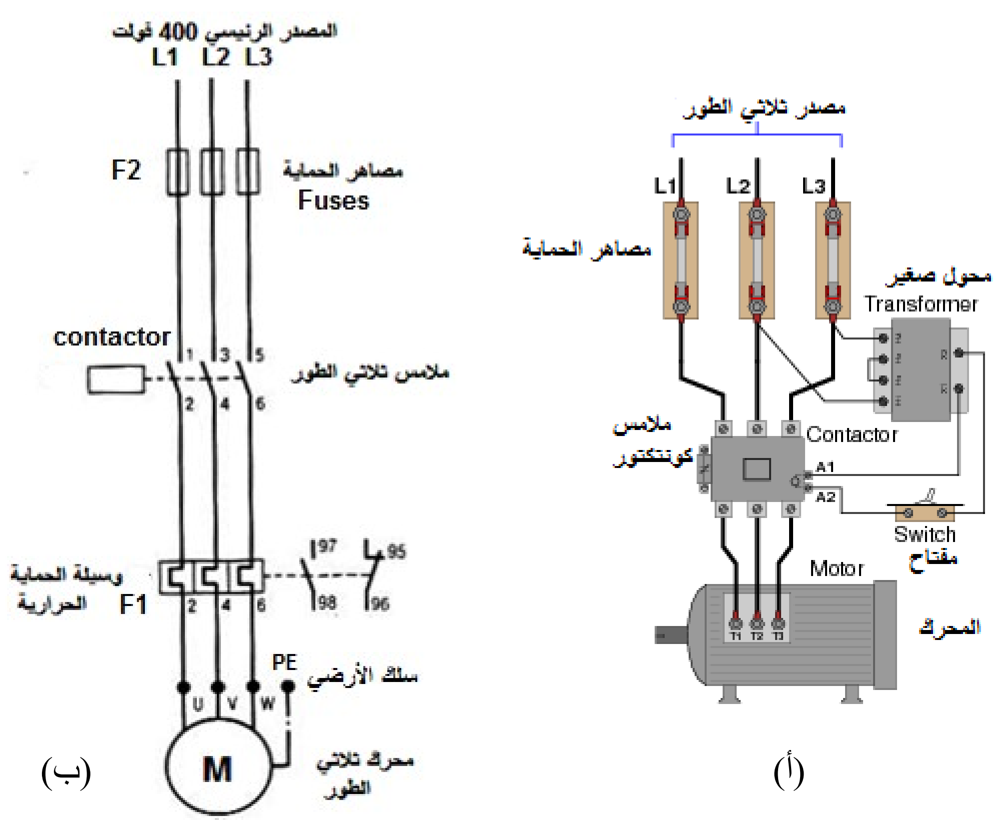
- والثانية هي باستخدام قواطع الدائرة الإعتيادية MCB و MCCB حيث تستخدم الأولى للمحركات الصغيرة والثانية للمحركات ذات القدرة العالية التي يصل تيارها المقنن الى 800 أمبير تقريبا . وسنشرح كل طريقة على انفراد في الفقرات التالية.

في كل دائرة محرك فرعية يجب أن تتوفر فيها وسائل حماية للمحرك والأسلاك وجهاز التحكم بالمحرك Controller بحيث تعطي الأنواع التالية من الحماية ، أنظر الشكل (7 – 33) :

1- حماية F1 ضد زيادة الحمل Overload للمحرك والدائرة الفرعية (تعمل في حالة ألإرتفاع التدريجي لتيار المحرك بحيث يصل الى 10 أمثال تيار المحرك المقرر) .

2- حماية F2 ضد عطل قصر الدارة Short-circuit (تعمل عند وصول التيار لأكثر من 10 أمثال تيار المحرك المقرر) .

3- حماية عطل التأريض Earth- fault (وهذه ليست لجميع أنواع المحركات وعادة تؤمن بواسطة لوحات التوزيع الرئيسية إلا أن بعض الشركات الصانعة توصي بهذه الحماية لمحركات قدرة 50 حصان فما فوق).



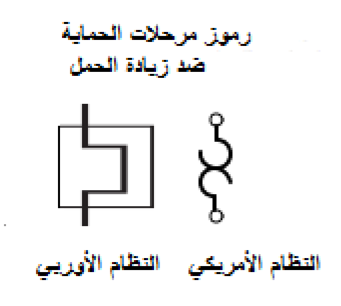
الشكل (7 – 33) دائرة تحكم وحماية محرك ثلاثي الطور بسيطة.

وتجدر الإشارة الى إن الحماية ضد زيادة الحمل و الحماية ضد عطل قصر الدارة للمحركات يمكن أن تحتويهما وسيلة حماية واحدة مثل المصهر أو قاطع الدائرة .

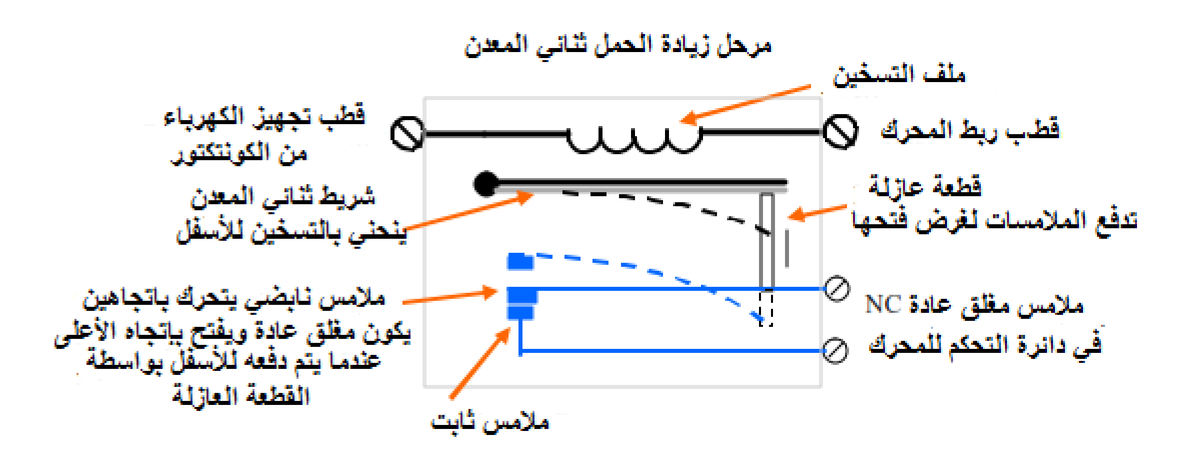
بالأضافة الى طرق الحماية أعلاه ، قد تضاف أنواع أخرى من الحماية للمحركات التي تؤدي مهام خاصة مثل الحماية ضد هبوط الفولتية Undervoltage protection وحماية ضد تغيير ألأطوار وضد عدم اتزانها والحماية ضد التوقف التام للمحرك عن الحركة Stalling .

وسيلة الحماية ضد زيادة الحمل Overload (OL) (الحماية الحرارية)

وهي عبارة عن مرحل حراري Thermal relay يعتمد عمله على الحرارة المتولدة من مرور التيار في الأسلاك المغذية للمحرك (عادة تتناسب الحرارة مع مربع التيار) . وتستغل هذه الحرارة لفتح ملامسات contacts داخل الملامس (الكونتكتر contactor) الخاص بتشغيل المحرك وبذلك تقطع الكهرباء عنه عند زيادة التيار لحد لايسمح به . وتكون هذه المرحلات على انواع متعددة ، أشهرها واكثرها استعمالا هي من النوع المعروف بثنائي المعدن Bimetallic وكذلك المرحلات الألكترونية الحديثة ويكون رمزها في المخططات الكهربائية في النظامين الاوربي والأميركي كما موضح في الشكل (7 – 34) . ويوضح الشكل (7 - 35) أجزاء المرحل ثنائي المعدن المستخدم في اغلب التطبيقات الصناعية . ونود الذكر هنا بأن النظام الأمريكي هو الأوسع تجربة في حماية المحركات الكهربائية في العالم .

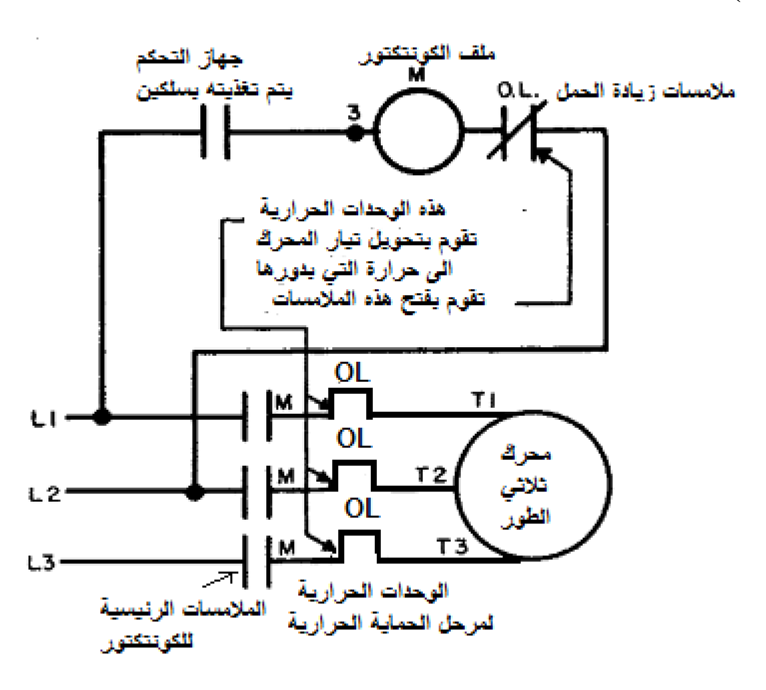


الشكل (7 - 34) رموز المرحلات الحرارية الدولية .



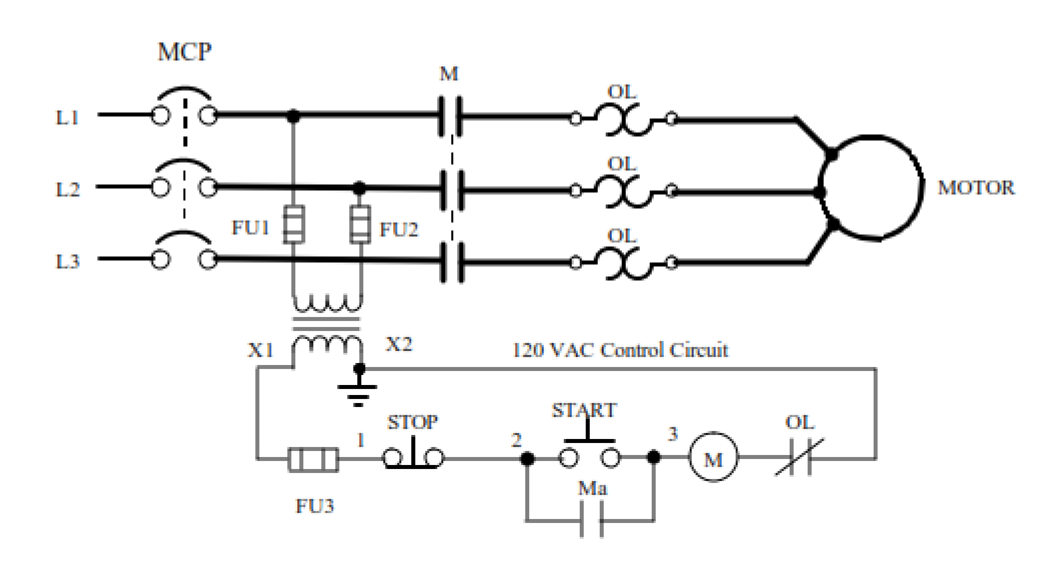
الشكل (7 - 35)أجزاء المرحل ثنائي المعدن المستخدم في اغلب التطبيقات الصناعية .

وتجدر الأشارة الى أن مرحل زيادة الحمل نفسه لايقوم بقطع الكهرباء عن المحرك وإنما يعطي الأيعاز الى الملامس (الكونتكتور) ليقوم بذلك عن طريق فتح الملامسات التي تغذي ملف الملامس بالكهرباء، أنظر الشكل (7- 36).



الشكل (7 - 36) إسلوب ربط مرحلات الحماية الحرارية لمحرك ثلاثي الطور . لاحظ استخدام ثلاثة مرحلات واحدة لكل طور تعمل جميعها لفتح ملامسات زيادة الحمل في دائرة جهاز التحكم.

وفي المخططات الأميركية يكون ربط الحماية الحرارية كما موضحة في الشكل(7 - 37) .



الشكل(7 - 37) اسلوب ربط الحماية الحرارية في النظام الأمريكي.

7-6-1حماية المحركات باستخدام المصاهر

تعد حماية المحركات بالمصاهر من أرخص الطرق كلفة ولو ان لها مساوئ عديدة تكمن في وجوب استبدال المصهر بعد كل عملية انصهار عنصره نتيجة العطل ، وكذلك الحاجة الى حمايات إضافية وهي حماية حرارية وحماية فشل الطور Phase failure كون أن أكثر انواع المصاهر تعطي حماية من عطل قصر الدارة فقط . وللمحركات الثلاثية الطور الصغيرة والمتوسطة القدرة التي يجري تشغيلها على الخط مباشرة DOL ، يجب استخدام ملامس خاص لهذا الغرض يتم التحكم به بواسطة مفتاح صغير إما من نوع العادي أو من نوع زر كبس وكما موضح في الشكل(7- 33(أ)) حيث تستمد دائرة التحكم فولتيتها عن طريق محول صغير يغذيها بفولتية مقدارها 230 فولت عادة.

اختيار حجم المصهر Size of Fuse selection

لأجل اختيار حجم المصهر الملائم لحماية المحركات توجد هناك طريقتين لهذا الغرض :

1- طريقة الجداول المعدة من قبل الأنظمة الدولية وتوصياتها .

2- طريقة موائمة خواص المحرك مع خواص المصهر .

طريقة الجداول المعدة من قبل الأنظمة الدولية وتوصياتها :

تعد المصاهر ذات التأخير الزمني من أفضل انواع المصاهر المستخدمة لحماية المحركات الكهربائية . ففي النظام الدولي IEC يوصى باستخدام المصهر نوع aM لهذا الغرض ويكون حجمه (مقرره) من 1.25 إلى 1.50 × التيار المقرر للمحرك . أما في النظام الأمريكي فيوصى باستخدام إما المصاهر الإعتيادية (غير المؤخرة للزمن) ، أو المصاهر ذات التأخير الزمني نوع AJT الصنف J ويبين الجدول (7 - 9) أحجام المصاهر بالنسبة الى التيار المقرر للمحرك وحسب نوعه .

الجدول (7 - 9)

Time Delay Fuse مصهر ذو تأخير زمني	Non-Time Delay Fuse مصهر غير مؤخر للزمن	Type of Motor نوع المحرك
%175	%300	Single Phase طور واحد
%175	%300	3 Phase ثلاثي الطور – حثي
%175	%300	Synchronous تزامني
150%	150%	Wound Rotor دوار ملفوف
150%	150%	Direct Currentتيار مستمر

مثال 7 -9 :

جد حجم المصهر اللازم لحماية محرك ثلاثي الطور قدرة 5hp ، 415 فولت ،كفاءته 80% وعامل قدرته 0.8 .إستخدم الجدول (7 – 9) لحل السؤال.

الحل : نجد تيار الحمل الكلي للمحرك من المعادلة التالية :

$$I_n = \frac{hpx746}{\sqrt{3}xVx\eta xcos\varphi}$$

حيث η = كفاءة الحرك و cosφ = عامل القدرة و V = 400 فولت.

$$I_n = \frac{5x746}{1.732x415x0.8x0.8} = 8\ A$$

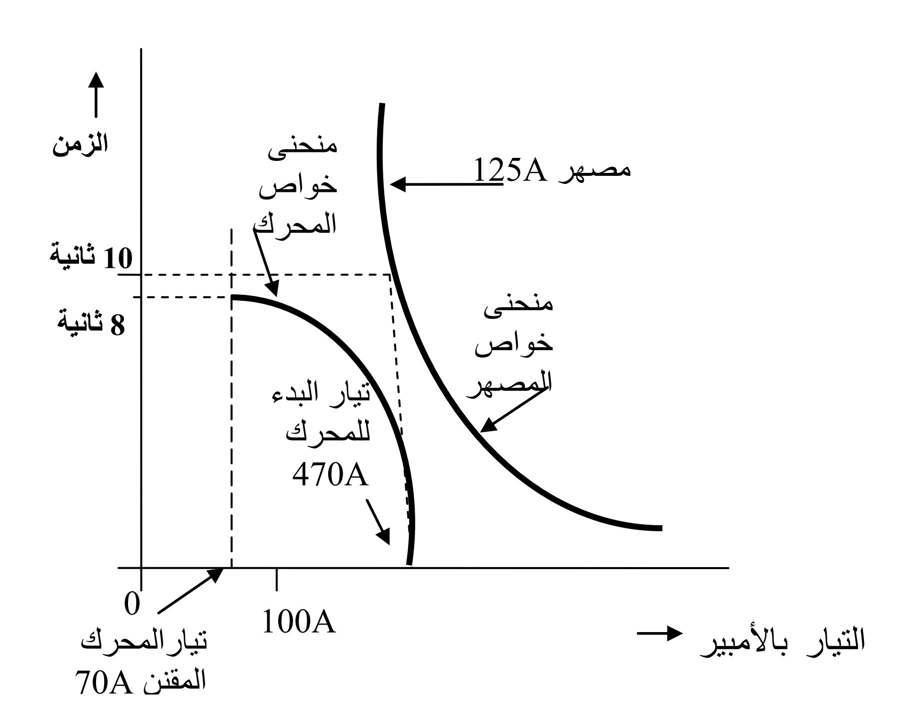
- أقصى حجم لمصهر مؤخرللزمن = 175% × In = 1.75 × 8 = 14 أمبير . وأقرب قيمة قياسية هي 16 أمبير .
- أقصى حجم لمصهر غيرمؤخرللزمن = 300% × In = 3 × 8 = 24 أمبير . وأقرب قيمة قياسية هي 25 أمبير .

طريقة موائمة خواص المحرك مع خواص المصهر

هذه الطريقة هي الأفضل كونها تأخذ بعين الإعتبار موائمة خواص المحرك مع خواص المصهر خاصة مقدار تيار البدء العالي للمحرك . فعند اختيار المصهر لغرض حماية المحرك ، لايشترط ان نختار تقنين المصهر مساويا إلى تيار المحرك المقنن I_n أو أكبرمنه بقليل ، كما ورد في الطريقة السابقة .

فعلى سبيل المثال ،إذا كان لدينا محركا تياره المقنن هو 70 أمبير عند اشتغاله في الحالة الإعتيادية فليس من الصحيح أن نختار مصهر ذي سعة 70 أمبير أو أكبر بقليل لغرض حمايته.إن الإسلوب الصحيح لأختيار المصهر هو أن ندرس خواص البدء للمحرك (وهذه يجب الحصول عليها من الشركة الصانعة) وكذلك يجب أن تتوفر لدينا خواص المصاهر على شكل منحنيات (أيضا يمكن الحصول عليها من الشركات الصانعة). وبمواءمة خواص البدء للمحرك مع خواص المصهر يمكن القرار باستخدام التقنين الملائم للمصهر الذي يتطلب استخدامه لحماية المحرك. قد تظهر النتائج استخدام مصهر ذي تقنين أعلى بكثير من تقنين تيار المحرك نفسه والسبب في ذلك هو أن المصهر يجب أن يتحمل تيار البدء للمحرك العالي لبضع ثوان بدون أن ينصهر ويفتح الدائرة الكهربائية .

مثال على ما ورد في أعلاه : محرك حثي ثلاثي الطور موضحة خواص البدء له في الشكل (7-38) ، حيث تياره المقنن هو 70 أمبير وتيار البدء له هو 470 أمبير (7 أمثال التيار المقنن تقريبا) وطريقة تشغيله بالربط المباشر على المصدر D.O.L كما موضح في الشكل (7 - 38). يستغرق تيار البدء 8 ثواني ليعود الى القيمة المقننة . على هذا الأساس سوف نختار مصهر له خواص أعلى من خواص المحرك بحيث ينصهر بزمن مقداره 10 ثانية عند تيار مقداره 470 أمبير كما موضح في الشكل ، وهذا المصهر تقنينه هو 125 أمبير .

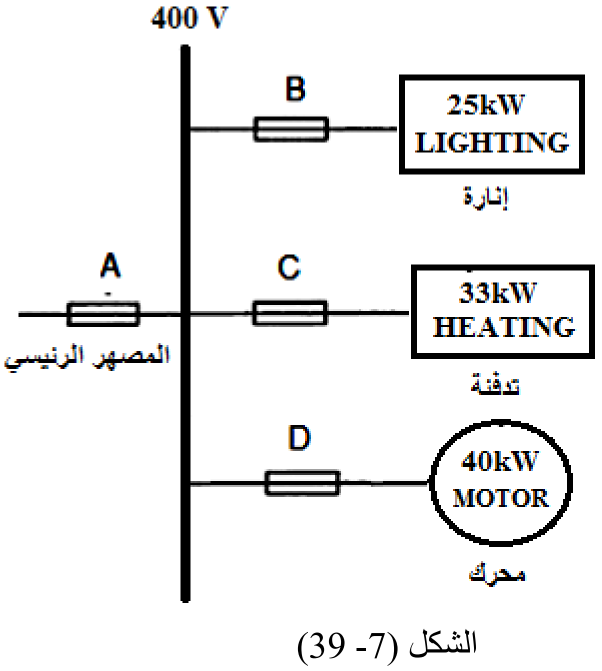


الشكل (7- 38) موائمة خواص المحرك مع خواص المصهر.

يلاحظ مما مر في أعلاه أن المصهر 125 أمبير يستطيع حماية المحرك من التيارات المفرطة overcurrents الناجمة عن أعطال قصر الدارة وعطل الأرض Short-circuit and earth faults التي تكون قيمها أكبر من تقنين المصهر (125 أمبير) نفسه . إلا أن هذا المصهر لايستجيب الى تيارات بين 70- 125 أمبير وهي التيارات الناجمة عن زيادة الحمل Overload ، لذا يجب أن يزود المحرك بوسيلة أخرى لحمايته من زيادة الحمل ، وهي الحماية الحرارية التي تم شرحا سلفا . ويتم ضبط وسيلة الحماية الحرارية بين 100% إلى 125% من التيار المقنن للمحرك .

مثال 7- 10 : اختيار سعة المصاهر لحماية محرك يعمل مع أحمال كهربائية منوعة

لمنظومة التوزيع 400 فولت المبينة في الشكل (7-39) احسب سعات المصاهر اللازمة للحماية والمبينة في الشكل نفسه.



الشكل (7- 39)

الحل:

1- حمل الإنارة 25 كيلواط بعامل قدرة =1

$$I_{\mathrm{LG}} = \frac{\mathrm{kWx1000}}{\sqrt{3}\mathrm{V.pf}} = \frac{25\mathrm{x}1000}{\sqrt{3}\mathrm{x}400\mathrm{x}1} = 36\ \mathrm{A}$$

لذا نختار مصهر سعة 40A

2- حمل التدفئة 33 كيلواط بعامل قدرة = 1

$$I_{H} = \frac{\mathrm{kWx1000}}{\sqrt{3}\mathrm{V.pf}} = \frac{33\mathrm{x}1000}{\sqrt{3}\mathrm{x}400\mathrm{x}1} = 47.6\ \mathrm{A}$$

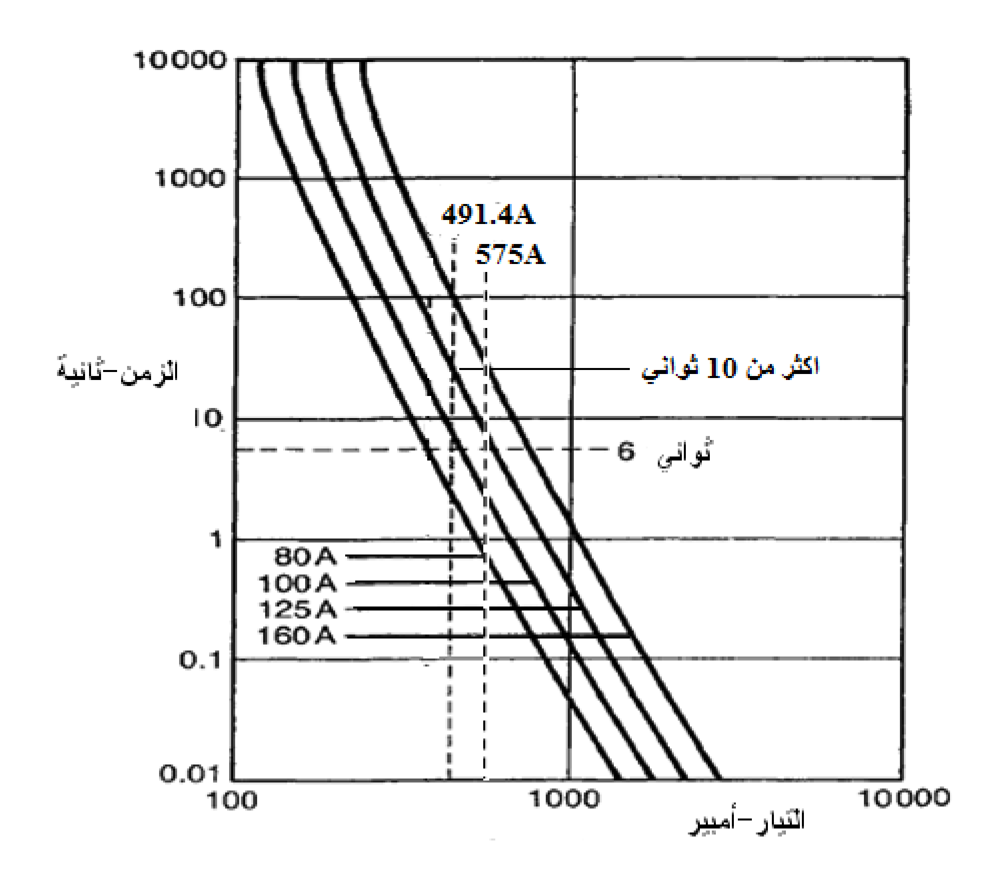
لذا نختار مصهر سعة 50A

3- المحرك 40 كيلواط : لاحظ انه بينما يعطى حمل الإنارة وحمل التدفئة بالقدرة الداخلة Input power فإن قدرة المحرك عادة ما تعطى كقدرة خارجة Output power وبمعرفة كفاءة المحرك يمكن ان نحسب القدرة الداخلة. وبفرض أن كفاءة المحرك في هذا المثال هي 0.92 وان القدرة الداخلة = القدرة الخارجة مقسومة على الكفاءة ، لذا تكون القدرة الداخلة Input power :

Input power = 40 / 0.92 = 43.47 kW

وبينما يكون حمل الإنارة وكذلك حمل التدفئة ذوا عاملي قدرة يساوي واحداً فان المحرك يكون دائما بعامل قدرة متدني نسبيا ولنقل في هذا المثال يساوي 0.83 لذا يكون التيار المقنن للمحرك :

$$I_m = \frac{\text{kWx1000}}{\sqrt{3}\text{V.pf}} = \frac{43.47\text{x}1000}{\sqrt{3}\text{x}400\text{x }083} = 75.6\text{ A}$$



الشكل (7-40) خواص الزمن – التيار لأربعة أنواع من المصاهر .

وبما ان تيار البدء للمحرك I_{st} يساوي (6 - 7) × التيار المقنن لفترة 10 ثواني (تخمينا نأخذ 6.5)،

$$I_{st} = 6.5\text{ x }75.6 = 491.4\text{ A}$$

من الشكل(7-40) الذي يعطي خواص الزمن/التيار لعدة سعات من المصاهر نجد أن المصهر سعة 100A سيتحمل تيار 491.4 أمبير لفترة 7 ثواني تقريبا فقط .لكن المطلوب هو أن يتحمل المصهر المختار 10 ثواني، عليه فان المصهر سعة 125A سيكون هو الموافق للمطلوب لحماية المحرك.

ولإختيار سعة المصهر الرئيسي A ولإجل تحقيق التمييز الحمائي يجب أن يحقق هذا المصهر المتطلبات التالية :

- يجب ان يتحمل تيار الحمل الإعتيادي الكلي I_t (حمل الإنارة +حمل التدفئة+ حمل المحرك عند الإستقرار) :

$$I_t = 36 + 47.6 + 75.6 = 159.2\text{A}$$

- يجب أن يتحمل تيار الحمل مع تيار البدء للمحرك لفترة 10 ثواني :

$$I_{ts} = 36 + 47.6 + 491.4 = 575A$$

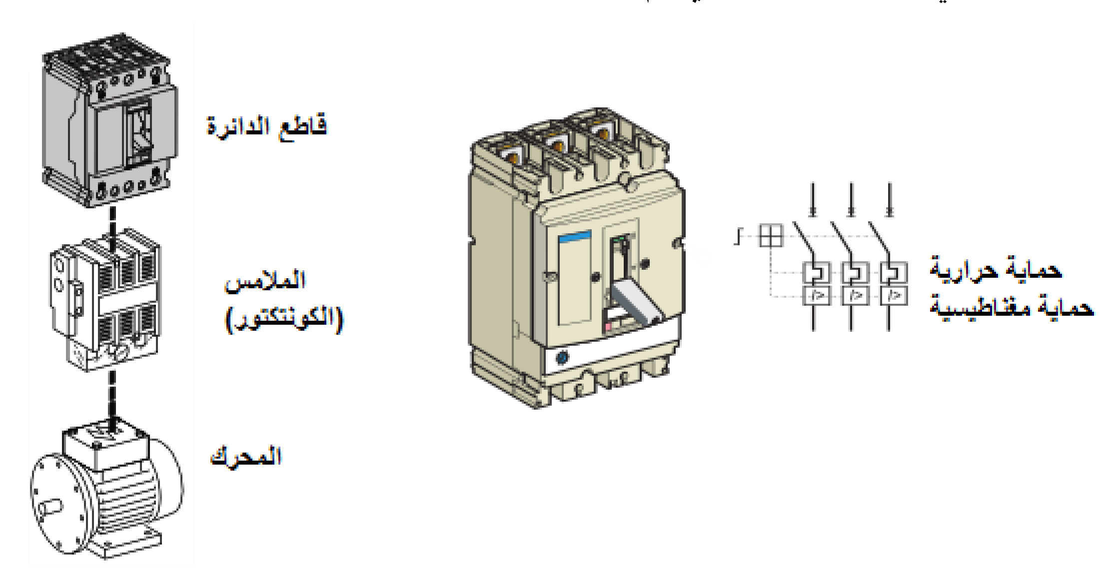
على هذا الأساس نختار سعة 160A للمصهر A من الشكل (7-40) ليحقق الطلب.

ولإجل تزويد المحرك بوسيلة حماية حرارية وبادئ حركة Starter يضاف بعد المصهر الخاص به مباشرة ملامس Contactor بسعة لاتقل عن التيار الكلي للمحرك في حالة الحمل التام أي نختار سعة الملامس لتكون 80A في الأقل وكذلك حماية حرارية ضمن مدى (60-80) أمبير أيضا .

7-6-2 حماية المحركات باستخدام قواطع الدائرة

جرى في السنين الأخيرة إبدال المصاهر بقواطع الدائرة نوع MCB و MCCB لما للقاطع من مزايا وحسنات يمتاز بها على المصهر ولو أنه يكون عادة أغلى ثمنا . ويشترط بالقاطع المختار لحماية محرك معين أن يكون منحنى خواصه أعلى من منحنى خواص البدء للمحرك في حالة معرفتها (تجهز من قبل الشركة الصانعة) ويكون أيضا تقنينه أكبر من تقنين الملامس المستخدم للبدء .وقواطع الدائرة الخاصة بالمحركات Motor circuit breakers تحتوي عادة على الحماية الحرارية Thermal والحماية المغناطيسية Magnetic كليهما في القاطع نفسه لغرض حماية المحرك من زيادة الحمل وقصر الدارة بحيث تتوافق مع متطلبات الحماية للمحركات في النظام الدولي وفق المواصفتين IEC 60947-1 و IEC 60947-4-2 .

في هذه القواطع تكون الحماية المغناطيسية غير قابلة للضبط أو المعايرة ، وإنما تصمم لتعمل فوريا بتيارات حوالي 10 أمثال التيار الذي يتم معايرة وسيلة الحماية الحرارية عليه.



الشكل (7 – 41) قاطع دائرة خاص بالمحركات الكهربائية يحتوي على حماية حرية +حماية مغناطيسية.

على أية حال وفي حالة عدم توفر خواص المحرك ، يمكن استنتاج مقرر القاطع باستخدام الجدول (7-10) المأخوذ من النظام الأمريكي 52 - 430 – NEC الاتي :

الجدول (7 – 10)

Instantaneous Trip ضبط خواص القاطع للإعتاق الفوري	Inverse Time ضبط خواص القاطع للزمن العكسي	Type of Motor نوع المحرك
800%	250%	Single Phaseمحرك أحادي الطور
800%	250%	3 Phase محرك ثلاثي الطور
800%	250%	Synchronous محرك تزامني
800%	150%	Wound Rotor محرك ذو دوار ملفوف
200%	150%	Direct Current محرك تيار مستمر

إن مقرر أوسعة القاطع المطلوب لحماية المحرك الحثي أحادي أو ثلاثي الطور يمكن حسابه وفق الجدول اعلاه مباشرة إذا تم معرفة تياره الكلي في حالة الحمل التام:

سعة القاطع = 2.5 × التيار المقنن للمحرك.

كذلك إذا كان المحرك يبدء حركته باستخدام بادئ حركة نجمي – مثلثي (Y-Δ) فيكون سعة القاطع أيضا :

سعة القاطع = 2.5 × التيار المقنن للمحرك.

مثال 7 – 11 :

إحسب سعة القاطع المطلوب لحماية المحرك المذكور في المثال (7 -8) باستخدام الجدول (7 – 10).

الحل : تيار المحرك = 8 أمبير (من المثال 7-8) .

عليه يكون حجم أو سعة القاطع = 2.5 × 8 = 20 أمبير .

3-6-7 استخدام الجداول السريعة في تسهيل تصاميم الحماية للمحركات ولوحات التحكم

لإجل تسهيل عملية حساب وتصميم لوحات التوزيع التي تتحكم بالمحركات الكهربائية أمام المهندسين فقد تم اعداد الجدول (7-11) للمساعدة في هذا المجال والذي يخص المحركات الحثية ثلاثية الطور 400 فولت ، 50 هرتز التي تشتغل بالربط المباشر الى المصدر Direct On Line (D.O.L) عن طريق ملامس Contactor . والجدول (7- 12) للمحرك الذي يربط الى المصدر عن طريق بادئ حركة Starter نوع نجمي – مثلثي Y-Δ.

الجدول (7-11) محركات ثلاثية الطور 400 فولت، 50 هرتز تربط مباشرة على المصدر D.O.L

القدرة الحصانية hp	القدرة بالكيلواط kW	تيار المحرك الكلي (أمبير)[1]	سعة الملامس المطلوب AC-3 (أمبير)	المدى المطلوب لمرحل الحماية (أمبير)	سعة المصهر المطلوب (أمبير)[2]	سعة قاطع الدائرة المطلوب (أمبير)	حجم الكيبل المطلوب : نحاس pvc (mm2)
0.5	0.37	1.03	3.5	0.5-1	4	20	2.5
0.75	0.55	1.35	3.5	1-2	6	20	2.5
1	0.75	1.97	3.5	1-2	6	20	2.5
1.5	1.1	2.7	3.5	1.5-3	6	20	2.5
2	1.5	3.8	5	2-4	10	20	2.5
3	2.2	5	5	3-6	16	20	2.5
5	3.7	8	11.5	6-12	16	20	2.5
7.5	5.5	11.6	11.5	6-12	25	20	4
10	7.5	16	16	10-17	25	30	4
12.5	9.3	19.7	20	12-24	35	40	6
15	11	22.8	25	12-24	50	50	6
20	15	30	30	16-32	50	75	10
25	18.5	36.3	40	24-45	60	75	16
30	22	41.5	44	24-45	60	100	25
35	26	48.7	50	32-60	100	100	25
40	30	55	60	32-60	100	100	25
50	37	67.5	72	50-90	100	125	35
60	45	83	85	50-90	160	150	50
75	55	97.5	105	70-110	200	175	70
100	75	131.7	140	90-135	250	250	95
125	90	157.7	140	140-170	250	300	120
150	110	196	205	170-200	300	350	150
200	150	265	300	250-280	350	475	185

(1) قيمة متوسطة لمحركات ذات 4 و 6 أقطاب صناعة أوربية مختلفة الكفاءة ومختلفةعامل القدرة.

(2) مصهر ذي تأخير زمني من النوع الأنبوبي Cartridge أو من النوع ذي سعة القطع العالية HRC .

ملاحظة : يتم ضبط مرحل الحماية بعد نصب وتشغيل المحرك في الموقع وذلك بقياس التيار الحقيقي ACTUAL CURRENT الذي يسحبه المحرك بواسطة مقياس تيار (أميتر) . ويجب أن تكون قيمة المعايرة للتيار لاتتجاوز قيمة التيار الإسمي المدون على لوحة مواصفات المحرك Name plate .

تم حساب تيار المحرك الكلي عند الحمل التام وفق المعادلتين التاليتين:

- بدلالة قدرة المحرك بالكيلواط

$$I_n = \frac{kWx1000}{\sqrt{3}xVx\eta xcos\varphi}$$

- بدلالة قدرة المحرك الحصانية hp

$$I_n = \frac{hpx746}{\sqrt{3}xVx\eta xcos\varphi}$$

حيث η = كفاءة الحرك و $\cos\varphi$ = عامل القدرة و V = 400 فولت.

الجدول (7- 12) محركات ثلاثية الطور 400 فولت ،50 هرتز تربط الى المصدرعن طريق بادئ حركة Starter نوع نجمي – مثلثي ، يدوي أو تلقائي.

القدرة الحصانية hp	القدرة بالكيلواط kW	تيار المحرك الكلي (أمبير)[1] Full load current		المدى المطلوب لمرحل الحماية الحراري (أمبير)	سعة المصهر المطلوب (أمبير)[2]	حجم الكيبل المطلوب : نحاس pvc (mm2) جهة المصدر	حجم الكيبل المطلوب : نحاس pvc (mm2) جهة المحرك
		تيار الخط Line current	تيار الطور Phase current				
3	2.2	5	2.9	3-6	10	2.5	2.5
5	3.7	8	4.6	3-6	16	2.5	2.5
7.5	5.5	11.6	6.75	4-8	16	4	4
10	7.5	16	9.3	6-12	25	4	4
12.5	9.3	19.7	11.4	6-12	25	4	4
15	11	22.8	13.1	10-16	25	6	4
20	15	30	17.5	12-24	50	10	4
25	18.5	36.3	21	12-24	50	16	6
30	22	41.5	24	12-24	60	16	10
35	26	48.7	28	16-32	60	25	10
40	30	55	31.7	16-32	60	25	10
50	37	67.5	38.9	24-45	80	35	16
60	45	83	48.1	32-63	100	50	25
75	55	97.5	56.5	32-63	125	70	35
100	75	131.7	76.7	50-90	160	95	50
125	90	157.7	91.3	70-110	200	150	70
150	110	199	111	70-115	200	185	95
180	132	228.2	131.7	90-135	250	240	120

(1) قيمة متوسطة لمحركات ذات 4 و 6 أقطاب صناعة أوربية مختلفة الكفاءة ومختلفة عامل القدرة.

(2) مصهر ذي تأخير زمني من النوع الأنبوبي Cartridge أو من النوع ذي سعة القطع العالية HRC

ملاحظة : يمكن استخدام بادئ حركة starter من النوع اليدوي Manual أو تلقائي Automatic وفي كلا النوعين يتم ضبط مرحل الحماية بعد نصب وتشغيل المحرك في الموقع وذلك بقياس التيار الحقيقي للطور وليس للخط ACTUAL PHASE CURRENT الذي يسحبه المحرك بواسطة مقياس تيار (أميتر) حيث يتم ربط وسيلة الحماية في دائرة الطور Phase circuit . ويجب أن تكون قيمة المعايرة للتيار لاتتجاوز قيمة التيار الإسمي المدون على لوحة مواصفات المحرك Name plate أي 0.6× التيار الأسمي هذا .

مثال 7 –12:

صمم لوحة تحكم بأربعة محركات ثلاثية الطور 400 فولت ، 50 هرتز باستخدام حماية بواسطة قواطع دائرة . استخدم الجدول (7-11) لتأمين الحسابات السريعة في هذا التصميم .أعتبر أن وسيلة البدء المستخدمة للمحركات الأربعة هي بواسطة الربط المباشر للمصدر D.O.L ، علما ان المحركات لها قدرات كالآتي:

المحرك الأول 0.37 كيلواط (0.5 حصان)

المحرك الثاني 2.2 كيلواط (3حصان)

المحرك الثالث 7.5 كيلواط (10حصان)

المحرك الرابع 22 كيلواط (30 حصان)

الحل : من العمود الثالث في الجدول (7-11) نجد تيار كل محرك

تيار المحرك الأول = 1.03أمبير

تيار المحرك الثاني = 5 أمبير

تيار المحرك الثالث = 16أمبير

تيار المحرك الرابع = 41.5 أمبير

- اختيار مقررات القواطع :من العمود السابع في الجدول نفسه نجد مقررات القواطع اللازمة لحماية هذه المحركات وكالآتي:

مقرر القاطع المطلوب لحماية المحرك الأول = 20 أمبير (100AF/20AT)

مقرر القاطع المطلوب لحماية المحرك الثاني = 20 أمبير(100AF/20AT)

مقرر القاطع المطلوب لحماية المحرك الثالث = 30 أمبير(100AF/30AT)

مقرر القاطع المطلوب لحماية المحرك الرابع = 75 أمبير(100AF/75AT)

اختيار القاطع الرئيسي : يحسب مقرر القاطع الرئيسي على أساس مجموع الآتي:

- 200 % من تيار الحمل الكلي للمحرك الأكبر قدرة
- مجموع 100% من تيار الحمل الكلي لباقي المحركات

عليه يكون مقرر القاطع الرئيسي : $41.5 \times 2 + (1.03 + 5 + 16) = 105$ أمبير

لذا نختار قاطع مقرره 105أمبير (125AF/105AT) للحماية الرئيسية للوحة.

- اختيار مقرر الملامسات : من العمود الرابع في الجدول (7-11) نجد ان مقررات الملامسات لكل محرك تكون من صنف AC-3 وكالآتي:

مقرر الملامس المطلوب للمحرك الأول = 3.5 أمبير

مقرر الملامس المطلوب للمحرك الثاني = 5 أمبير

مقرر الملامس المطلوب للمحرك الثالث = 16 أمبير

مقرر الملامس المطلوب للمحرك الرابع = 44 أمبير

- اختيار مقاطع الكيبلات: من العمود الثامن في الجدول (7-11) نجد ان مقاطع الكيبلات المطلوبة لكل محرك تكون كالآتي:

مقطع الكيبل المطلوب للمحرك الأول = $3x2.5+E2.5\ mm^2$

مقطع الكيبل المطلوب للمحرك الثاني = $3x2.5+E2.5\ mm^2$

مقطع الكيبل المطلوب للمحرك الثالث = $3x4+E2.5\ mm^2$

مقطع الكيبل المطلوب للمحرك الثالث = $3x25+E16\ mm^2$

حيث يشير الحرف E الى مقطع سلك التأريض المستخدم (راجع الفصل الثامن)

أما مقطع الكيبل الرئيسي الذي يغذي اللوحة فيتم اختياره وفق القاعدة الآتية :

من القاعدة العامة لإختيار مقرر القواطع : $I_b \leq I_n \leq I_Z$ يجب أن تكون سعة حمل التيار للكيبل I_Z أكبر أو مساوية الى مقرر القاطع ، وبما اننا أختارينا مقرر القاطع الرئيسي I_n = 105 أمبير لذا يجب أن تكون سعة حمل التيار للكيبل الرئيسي أكبر أو مساوية الى105 أمبير . ومن جداول سعات حمل التيار للكيبلات المعطاة في الفصل الثاني نختار كيبل نحاس بعزل PVC قياس 3x35 + E16 mm2 .

- أختيار مديات مرحلات الحماية الحرارية : من العمودالخامس في الجدول (7-11) نجد أن مدى مرحل الحماية الحرارية لكل محرك يكون كالآتي :

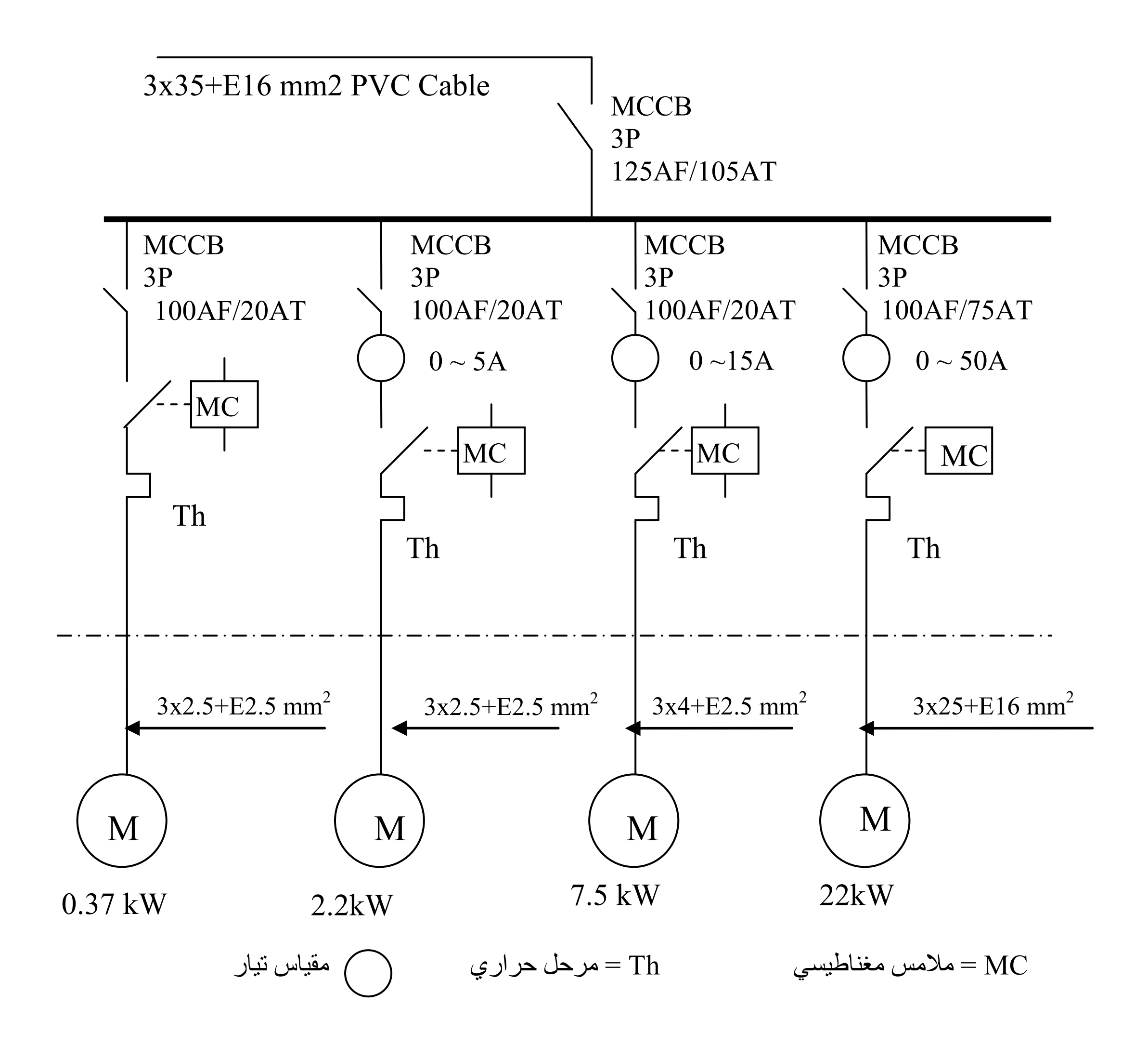
مدى تيار الحماية المحرك الأول = (0.5- 1) أمبير

مدى تيار الحماية المحرك الثاني = (3- 6) أمبير

مدى تيار الحماية المحرك الثالث = (10- 17) أمبير

مدى تيار الحماية المحرك الرابع = (24- 45) أمبير

وأخيرا يكون التصميم النهائي للوحة التحكم بالمحركات كما موضحة في الشكل (7-42).



الشكل (7-42) التصميم النهائي للمثال 7- 12 .

مثال 7 –13 :

صمم لوحة تحكم بثلاثة محركات ثلاثية الطور 400 فولت ، 50 هرتز باستخدام حماية بواسطة مصاهر مؤخرة للزمن . استخدم الجدول (7-11) لتأمين الحسابات السريعة في هذا التصميم .أعتبر أن وسيلة البدء المستخدمة للمحركات الثلاثة هي بواسطة الربط المباشر للمصدر ، علما ان المحركات لها قدرات كالآتي:

المحرك الأول 37 كيلواط (50 حصان)

المحرك الثاني 22 كيلواط (30 حصان)

المحرك الثالث 7,5 كيلواط (10 حصان)

الحل : من العمود الثالث في الجدول (7-11) نجد تيار كل محرك

تيار المحرك الأول = 67.5 أمبير

تيار المحرك الثاني = 41.5 أمبير

تيار المحرك الثالث = 16 أمبير

- اختيار مقررات المصاهر

من العمود السادس في الجدول نفسه نجد مقررات المصاهر اللازمة لحماية هذه المحركات وكالآتي:

مقررالمصهر المطلوب لحماية المحرك الأول = 100 أمبير

مقررالمصهر المطلوب لحماية المحرك الثاني = 60 أمبير

مقرر المصهر المطلوب لحماية المحرك الثالث = 25 أمبير

وجميعها من النوع ذي التأخير الزمني وذي سعة قطع عالية .

اختيار المصهر الرئيسي : يحسب مقرر المصهر الرئيسي على أساس مجموع الآتي:

150% من تيار الحمل الكلي للمحرك الأكبر قدرة

مجموع 100% من تيار الحمل الكلي لباقي المحركات

عليه يكونمقرر المصهر الرئيسي $67.5 \times 1.5 + (41.5 + 16) = 158.75$ أمبير

لذا نختار مصهراً سعة 160 أمبير للحماية الرئيسية للوحة .

- اختيار سعة الملامسات : من العمود الرابع في الجدول (7-11) نجد ان سعات الملامسات لكل محرك تكون من صنف AC-3 وكالآتي:

مقررالملامس المطلوب للمحرك الأول = 72 أمبير

مقرر الملامس المطلوب للمحرك الثاني = 44 أمبير

مقررالملامس المطلوب للمحرك الثالث = 15.5 أمبير

- اختيار مقاطع الكيبلات: من العمود الثامن في الجدول (7-11) نجد ان مقاطع الكيبلات المطلوبة لكل محرك تكون كالآتي:

مقطع الكيبل المطلوب للمحرك الأول = $3x35+E16\ mm^2$

مقطع الكيبل المطلوب للمحرك الثاني = $3x25+E16\ mm^2$

مقطع الكيبل المطلوب للمحرك الثالث = $3x4+E2.5\ mm^2$

حيث يشير الحرف E الى مقطع سلك التأريض المستخدم (راجع الفصل الثامن)

أما مقطع الكيبل الرئيسي الذي يغذي اللوحة فيتم اختياره وفق القاعدةالآتية :

سعة حمل التيار الدنيا للكيبل الرئيسي تكون مساوية الى مجموع الآتي :

1- 150% من تيار الحمل الكلي للمحرك الأكبر قدرة

2- مجموع 125% من تيار الحمل الكلي لباقي المحركات

لذا تكون سعة حمل التيار للكيبل الرئيسي = $67.5 \times 1.5 + (41.5 + 16)\times 1.25 = 173.12$أمبير

ومن جداول سعات حمل التيار للكيبلات المعطاة في الفصل الثاني نختار كيبل نحاس بعزل PVC قياس 3x150 + E70 mm2 .

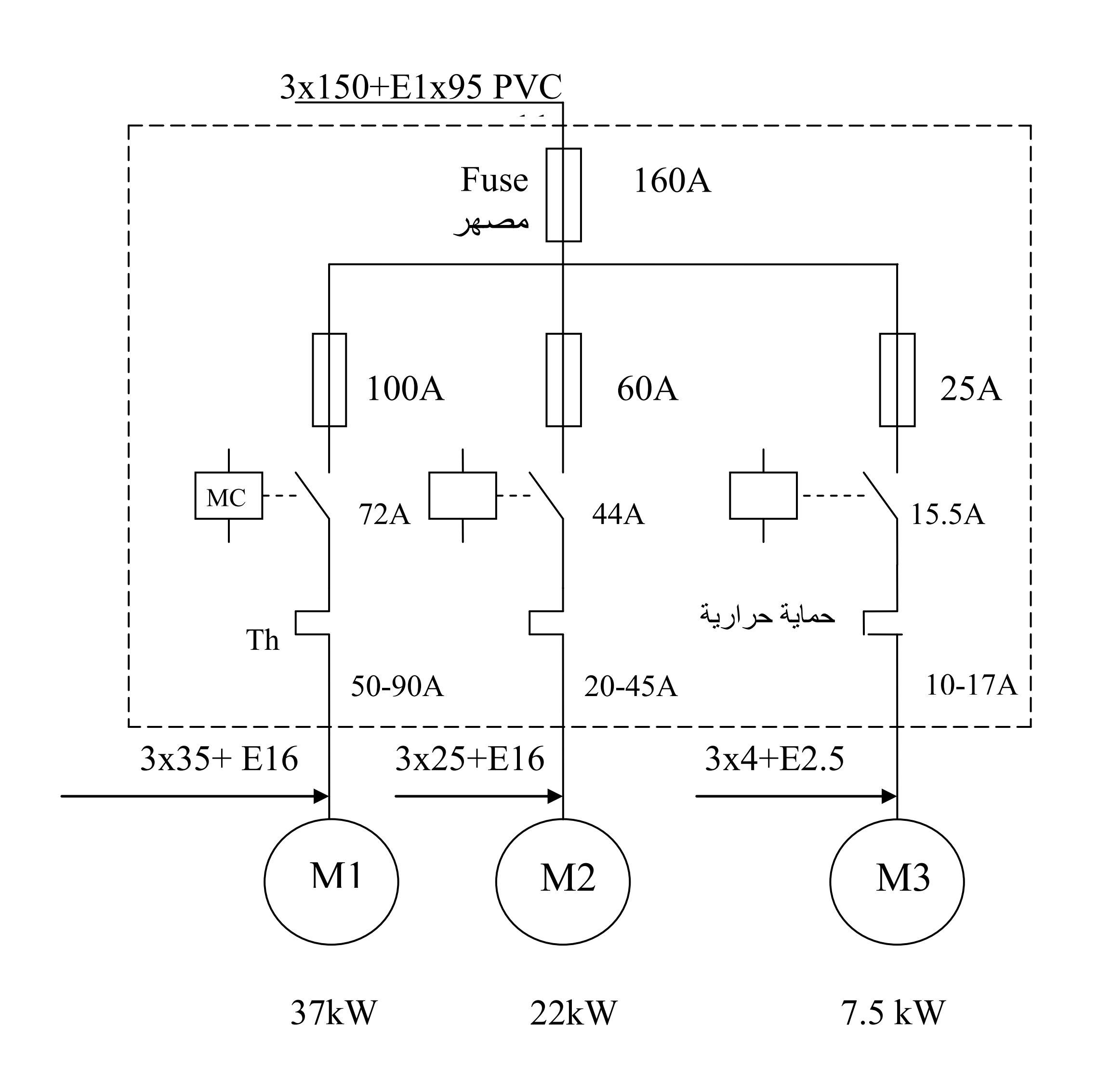
- أختيار مديات مرحلات الحماية الحرارية : من العمودالخامس في الجدول(7-11) نجد أن مدى مرحل الحماية الحرارية لكل محرك يكون كالآتي :

مدى تيار الحماية المحرك الأول = (50-90) أمبير

مدى تيار الحماية المحرك الثاني = (24-45) أمبير

مدى تيار الحماية المحرك الثالث = (10-17) أمبير

واخيرا يكون التصميم النهائي للوحة التحكم بالمحركات كما موضحة في الشكل (7-43).



الشكل (7-43) التصميم النهائي للوحة التحكم بالمحركات - المثال 7-13 .

مثال 7 – 14 :

أعد تصميم اللوحة في المثال 7-13 السابق باستخدام قواطع الدائرة بدل المصاهر.

الحل: يبقى التصميم نفسه في المثال 7 –13عدا إبدال المصاهر بقواطع دورة وكالآتي:

من العمود السابع في الجدول (7-11) نجد مقررات القواطع اللازمة لحماية هذه المحركات وكالآتي:

مقرر القاطع المطلوب لحماية المحرك الأول = 125أمبير نوع MCCB .

مقرر القاطع المطلوب لحماية المحرك الثاني = 75 أمبير نوع MCB .

مقرر القاطع المطلوب لحماية المحرك الثالث = 30 أمبير نوع MCB .

أما قاطع الدورة الرئيسي فيتم اختياره كما يأتي :

- 200 % من تيار الحمل الكلي للمحرك الأكبر قدرة
- مجموع 100% من تيار الحمل الكلي لباقي المحركات

عليه يكون مقرر القاطع الرئيسي 67.5 × 2 + (41.5 + 16) =193 أمبير.

لذا نختار قاطع مقرره 200 أمبير نوع MCCB .

7-7 تصاميم اللوحات الرئيسية للأبنية

قبل نختم هذا الفصل المهم لابد من إعطاء مثال بسيط حول كيفية تصميم لوحة توزيع رئيسية باستخدام المفاهيم التي ورد ذكرها في هذا الفصل والفصل السابق. ويبين المثال التالي مانعنيه في هذا الخصوص.

مثال 7 –15:

بناية إدارة ومكاتب مكونة من طابقين (طابق أرضي وطابق أول) . تم حساب أحمال لوحات التوزيع الثانوية (النهائية) فكانت كالآتي:

الطابق الأرضي :

1- لوحة توزيع ثانوية للإنارة LP01 قدرة 50 kW – الجناح الشرقي من البناية.

2- لوحة توزيع ثانوية للإنارة LP02 قدرة 40 kW – الجناح الغربي من البناية .

3- لوحة توزيع ثانوية للقدرة PP01 قدرة 22 kW لجميع مرافق الطابق الأرضي.

الطابق الأول :

1- لوحة توزيع ثانوية للإنارة LP03 قدرة 46.7 kW – الجناح الشرقي من البناية.

2- لوحة توزيع ثانوية للإنارة LP04 قدرة 37.4 kW – الجناح الغربي من البناية .

3- لوحة توزيع ثانوية للقدرة PP02 قدرة 23.1 kW لجميع مرافق الطابق الأول.

صمم لوحة توزيع رئيسية للبناية واحسب مقاطع الكيبلات المطلوبة لتغذية اللوحات الثانوية والكيبل الرئيسي لتغذية اللوحة الرئيسية آخذا بعين الإعتبار أن عامل القدرة للوحات الإنارة هو 0.9 وعامل القدرة للوحات القدرة هو 0.8 . خذ حاصل ضرب عامل الطلب × عامل التباين = 0.75 .علما أن فولتية المصدر هي 400V رباعية السلك ثلاثية الطور 50 هرتز.

الحل : نحسب أولا تيار كل لوحة ثانوية وكالآتي:

تيارلوحات الإنارة للطابق الأرضي :

$$I_{LPO1} = \frac{50x1000}{\sqrt{3}\ \ x400x0.9} = 80.2\text{A}$$

$$I_{LPO2} = \frac{40x1000}{\sqrt{3}\ \ x400x0.8} = 64.2\text{A}$$

تيار لوحات الإنارة للطابق الأول :

$$I_{LPO3} = \frac{46.7x1000}{\sqrt{3}\ x400x0.9} = 74.9\text{A}$$

$$I_{LPO4} = \frac{37.4x1000}{\sqrt{3}\ \ x400x0.9} = 60.2\text{A}$$

تيار لوحة القدرة للطابقين الأرضي والأول:

$$I_{PPO1} = \frac{22x1000}{\sqrt{3}\,x400x0.8} = 39.7\text{A}$$

$$I_{PPO2} = \frac{23.1x1000}{\sqrt{3}\,x400x0.8} = 41.7\text{A}$$

وبموجب هذه الحسابات الأولية يتم تحديد مقررات قواطع الدائرة للأحمال الإعتيادية التي لا تحتوي على أحمال ديناميكية مثل المحركات الكهربائية والمولدات وغيرها وفق القاعدة التالية :

مقرر القاطع المطلوب = (1.25 إلى 1.5) × تيارالحمل التام (I_b)

وإذا اخترنا الرقم ($1.45I_b$ للأمان) في التصميم :

- بالنسبة للوحة LP01 :مقرر القاطع المطلوب = 1.45 × 80.2 = 116 أمبير
لذا نختار قاطع مقرره 125 A.
- بالنسبة للوحة LP02 :مقرر القاطع المطلوب = 1.45 × 64.2 = 93 أمبير
لذا نختار قاطع مقرره 100 A.
- بالنسبة للوحة LP03 :مقرر القاطع المطلوب = 1.45 × 74.9 = 108 أمبير
لذا نختار قاطع مقرره 125 A.
- بالنسبة للوحة LP04 :مقرر القاطع المطلوب = 1.45 × 60.2 = 87 أمبير
لذا نختار قاطع مقرره 100 A.
- بالنسبة للوحتين PP01 و PP02 :مقرر القاطع المطلوب :1.45 × 39.7 = 57.56 أمبير و1.45 × 41.7 = 60.5 أمبير على التوالي ، لذا نختار قاطع مقرره 60 A لكل منهما.

ولإجل حساب مقرر القاطع الرئيسي علينا إيجاد التيار الكلي الذي تسحبه اللوحات الثانوية جميعها زائدا تيار دائرة الأحتياط Spare circuit التي يجب وضعها في اللوحة الرئيسية . وعادة ما تكون اعداد القواطع الإحتياط 30% أو أقل من عدد القواطع الأصلية . وقد تم في هذا المثال اختيار قاطع احتياط واحد ليغذي حمل احتياط للتوسعات المستقبلية في البناية وقدره 30 kW بعامل قدرة =1. أي أن تيار الحمل الأحتياط :

$$I_{spare} = \frac{30x1000}{\sqrt{3x400x1.0}} = 54.12\text{A}$$

على هذا الأساس سوف يكون التيار الكلي الذي تسحبه اللوحة الرئيسية كالآتي :

$$I_T = 80.2 + 64.2 + 39.7 + 74.9 + 60.2 + 41.7 + 54.12 \cong 415\text{A}$$

والآن نحسب التيار الفعلي I_b بعد أخذ عامل التباين وعامل الطلب بعين الإعتبار:

$$I_b = 0.75\text{x}415 \cong 312 \text{ A}$$

لذا يكون مقرر القاطع الرئيسي المطلوب 1.45×312 = 452 A ، عليه نختار قاطع مقرره 500A.

اختيار مقاطع الكيبلات المغذية للوحات الثانوية واللوحة الرئيسية :

بالنسبة للوحات الإنارة جميعها يمكن اعتبار قدراتها متساوية تقريبا ، وبالرجوع الى الجدول (2-9) في الفصل الثاني وبفرض أن طريقة التركيب لهذه الكيبلات هي C وباخذ عامل تصحيح لدرجة الحرارة 0.75 (45 درجة مئوية) نختار الكيبل قياس 3× 50 + 25 ملم^2 لتغذية هذه اللوحات .

وبالاسلوب نفسه نختار كيبل قياس 4×10 ملم^2 لتغذية لوحات القدرة .

أما بالنسبة للوحة الرئيسية فمن الجدول (2- 8) في الفصل الثاني وبفرض أن الكيبل الرئيسي مدفون تحت الأرض نجد أن حجم الكيبل الملائم لحمل تيار 312 أمبير هو 3×240 + 120 ملم^2 .

حساب سعة قضبان التوزيع في اللوحة الرئيسية : تحسب سعة قضبان التوزيع للوحة الرئيسية كالآتي:

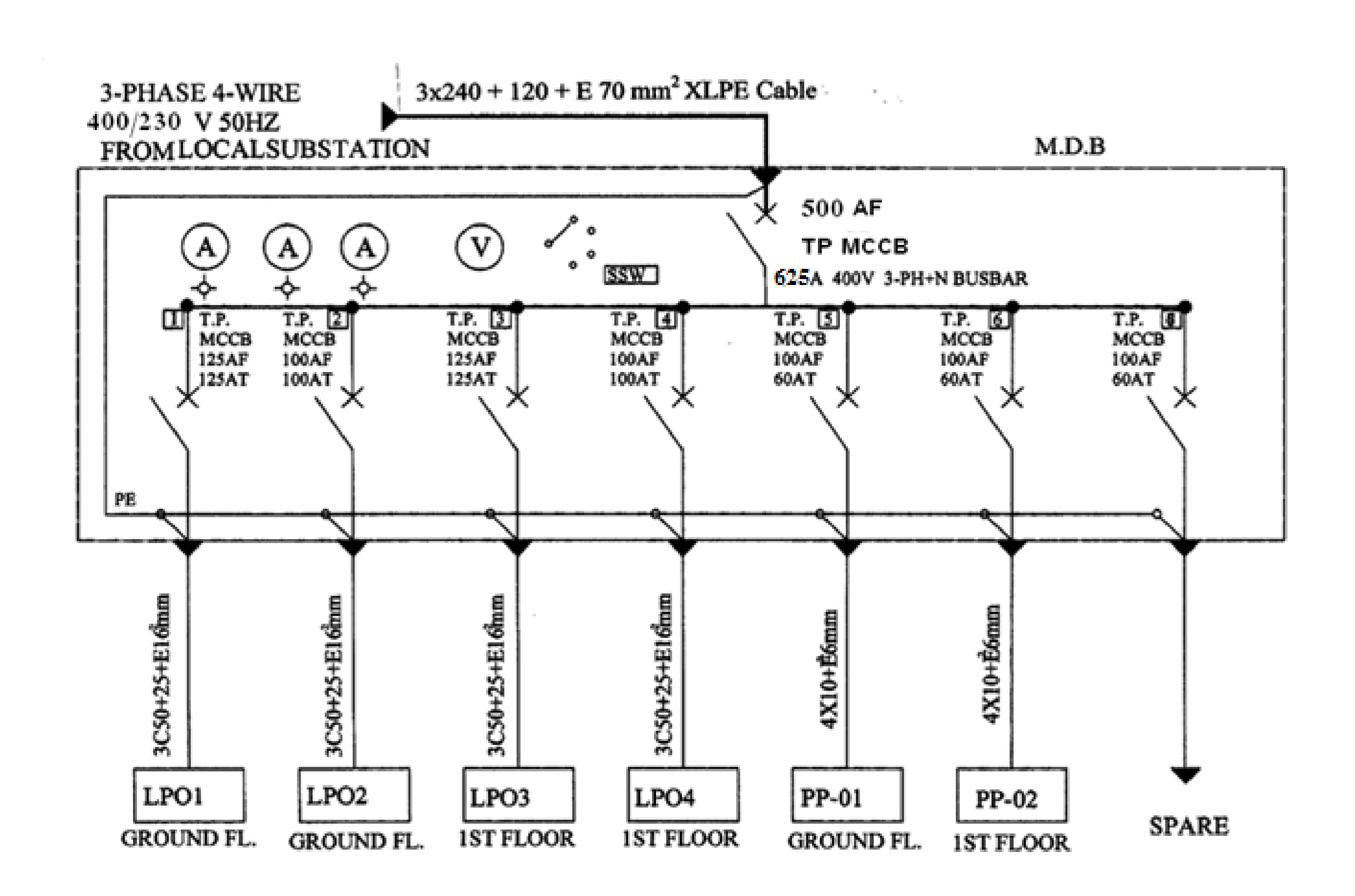
سعة قضبان التوزيع = سعة قاطع الدورة الرئيسي × 1.25

عليه تكون سعة قضبان التوزيع = 1.25×500= 625 أمبير .

ولإكمال تصميم اللوحة يتم اختيار أجهزة القياس كالآتي:

مقياس تيار(أميتر) 400 أمبير – عدد 3 مع محولات التيار CTs الخاصة بها نسبة (400/ 5) أمبير.

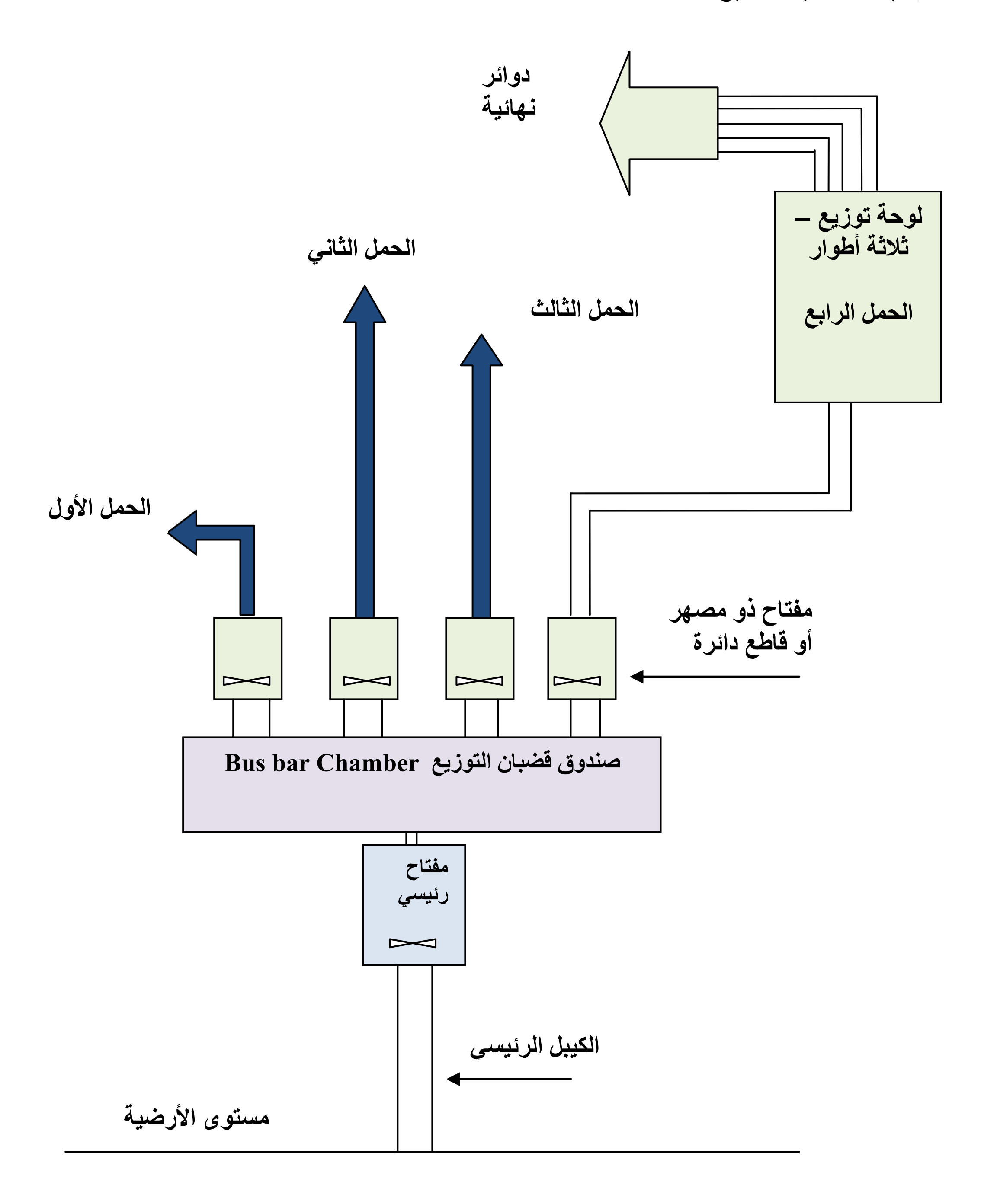
مقياس فولتية (فولتميتر) عدد /1 مع محولات التيار نسبة 400 /110 فولت عدد/3 مع زر اختيار Selector switch (SSW)عدد/1 (الأطوار الثلاثة + طور الى المحايد) . واخيرا يكون التصميم النهائي للوحة التوزيع كما مبين في الشكل (7-44) .



الشكل (7-44) التصميم النهائي للوحة التوزيع MDB للمثال 7- 15 .

8-7 لوحات توزيع تنصب على الجدران Wall – Mounted Distribution Boards

تكون معظم اللوحات الرئيسية للأبنية من النوع الذي يثبت علي الأرض Floor fixing وعلى شكل صناديق كما تم شرحه في الفقرات السابقة . إلا أنه في البنايات الصغيرة والمصانع الصغيرة أيضا يتم تثبيت مكونات اللوحة من قواطع ومفاتيح وقضبان توزيع علي جدار من جدران البناية يتم اختياره في مكان أمين وبعيد عن المرافق ذات الإستعمال الكثير ، ويبين الشكل (7-45) احد تصاميم هذه اللوحات لبناية صناعية صغيرة.

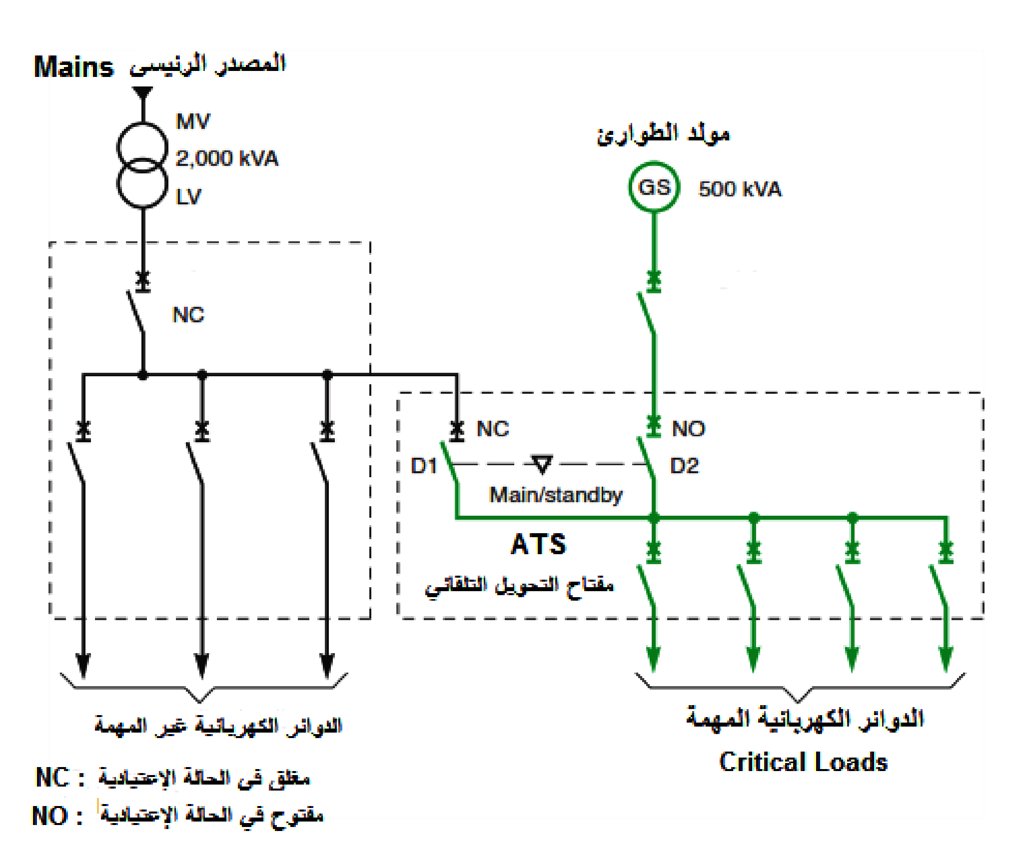


الشكل (7-45) لوحة توزيع من النوع الذي يثبت على الجدران.

7- 9 ربط مولدات الطوارئ مع لوحات التوزيع في الأبنية

كثيرا ما تحتاج الأبنية الكبيرة المهمة الى مولدات طوارئ لأجل ضمان تجهيز القدرة الكهربائية واستمراريتها لتفادي الكوارث الإنسانية التي قد تنجم عن انقطاع التيار الكهربائي ، مثلا عن المصاعد وغرف العمليات في المستشفيات وغيرها من الأحمال الحرجة الأخرى Critical Loads . ويتم في هذه الحالات ربط مولد طوارئ عن طريق مفتاح تحويل تلقائي Automatic Transfer Switch والذي يعرف إختصارا (ATS) الذي يقوم بتحويل مغذي اللوحة الرئيسي من المغذي العمومي Mains الى المولد ويكون الربط الكهربائي المبسط لهذه العملية كما موضح في الشكل (7- 46).

عند إنقطاع التيار العام يشتغل مولد الطارئ تلقائيا بواسطة محرك ديزل عن طريق لوحة تحكم خاصة، وعندما يبدأ المولد بتوليد الفولتية المطلوبة 400/230 فولت ، يتحفز مفتاح التحويل التلقائي ذاتيا ويقوم بعملية التحويل من المصدر الرئيسي الى المولد . وتستغرق هذه العملية من 10 إلى 20 ثانية حسب نوع وصناعة المولد. وفي بعض الأبنية الكبيرة أو المنشآت المهمة ذات الأحمال الكهربائية الكثيرة قد يربط مولد كبير السعة للفولتية المتوسطة (11-20 كيلو فولت) مباشرة بجهة الفولتية العالية للمحول وبالطريقة نفسها .



الشكل (7- 46) إسلوب ربط مولد الطوارئ مع لوحة التوزيع الرئيسية للفولتية المنخفضة .

الفصل الثامن

منظومات التأريض Earthing (Grounding) system

8 – 1 مقدمة

من المنظومات المهمة التي تدخل في التصاميم الكهربائية لكل بناية أو مشروع هي منظومة التأريض (الأرضي) Earthing system وذلك لما لها من أهمية بالغة في توفير الحماية الضرورية للأشخاص والمعدات والأجهزة في تلك البناية. وتسمى هذه المنظومة في اميركا وكندا (Grounding system) وتكون بنوعين رئيسيين إعتمادا على إستخدامها:

1- منظومة تأريض النظام (System earthing)
2- منظومة تأريض المعدات (Equipment earthing)

ويقصد بتأريض النظام هو تأريض نقطة الربط النجمي Star point للمولدات والمحولات الرئيسية في محطات التوليد والمحطات الثانوية التي تغذي الأبنية والمنشآت. أما تأريض المعدات فهو عمل منظومة تأريض مستقلة خاصة بالبناية تربط اليها كافة أبدان الأجهزة والمعدات والأجسام المعدنية الموجودة في البناية التي تكون على تماس مباشر أو غير مباشر مع التيار الكهربائي.

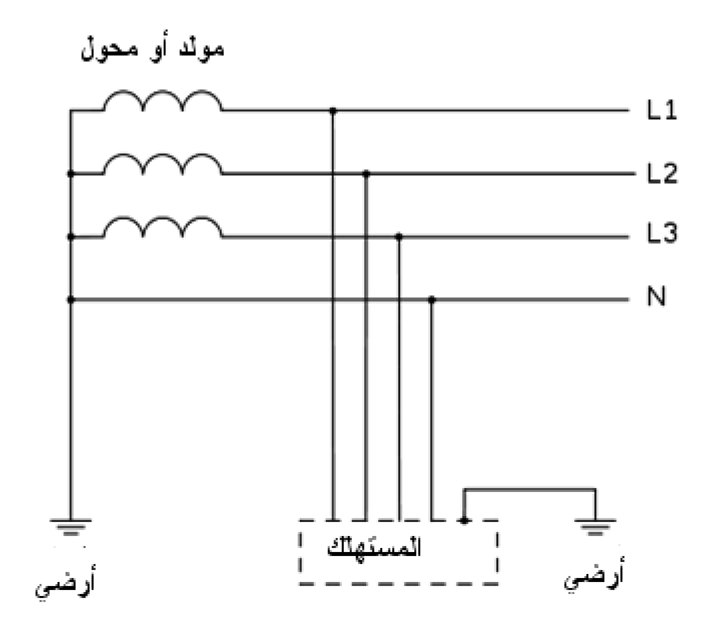
وفي ضوء علاقة الربط بين هاتين المنظومتين تم تصنيف منظومات التأريض للفولتية المنخفضة وفقا للنظام القياسي الدولي IEC كما يأتي:

أ- إذا كانت منظومة التأريض للبناية مستقلة عن منظومة التأريض للمحول في المحطة الثانوية التي تغذيها فيسمى هذا النظام (TT) (الشكل 8-1).

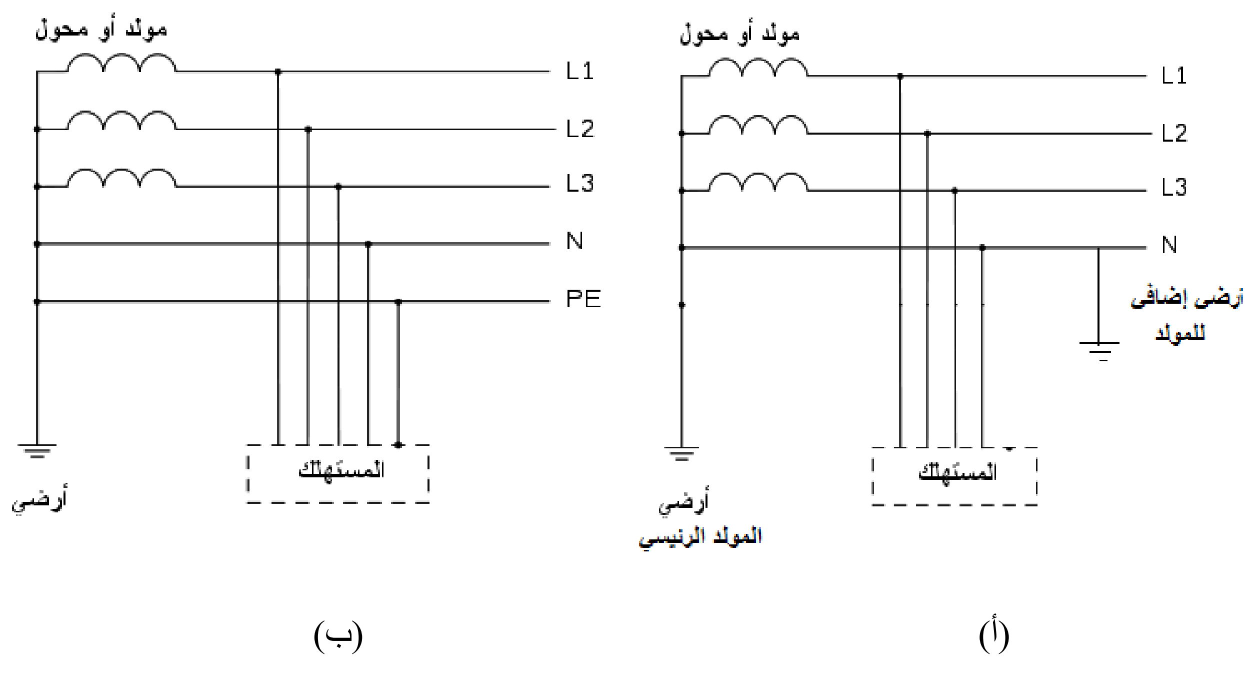
ب- إذا كانت منظومة التأريض للبناية مربوطة مع منظومة التأريض للمحول في المحطة الثانوية التي تغذيها عن طريق سلك أرضي خامس مستقل عن محايد المحول Transformer neutral فيسمى هذا النظام (TN) , الشكل (8-2) .ويقسم هذا النظام الى نوعين :

(1) إذا كانت منظومة التأريض للبناية مربوطة مع منظومة التأريض للمحول في المحطة الثانوية التي تغذيها عن طريق سلك أرضي خامس Protective Earth -(PE) مستقل عن المحايد للمحول فيسمى هذا النظام (TN-S) .

(2) إذا كانت منظومة التأريض للبناية مربوطة مع منظومة التأريض للمحول في المحطة الثانوية التي تغذيها عن طريق سلك محايد المحول نفسه ، فيسمى هذا النظام (TN-C) ويسمى الخط المحايد في هذه الحالة بالمحايد الحمائي الأرضي (Protective Earth Nuetral- (PEN.



(الشكل 8-1) نظام التأريض (TT)

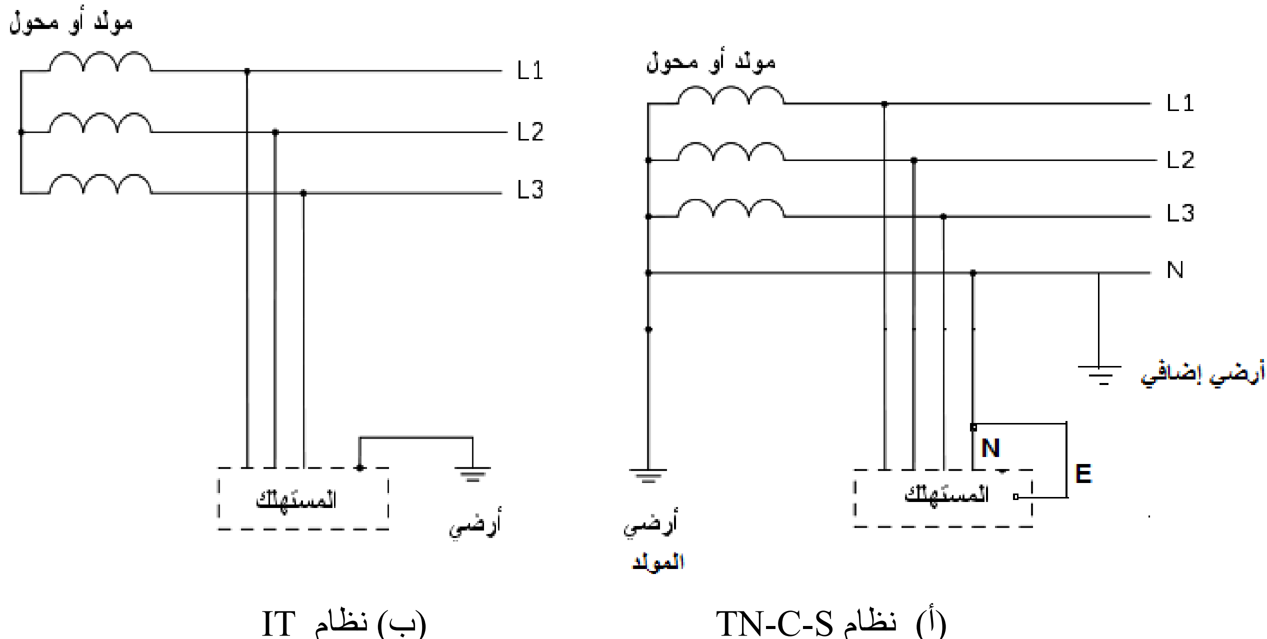


(الشكل 8-2) نظام التأريض (TN) (أ) TN-C و(ب) TN-S

ومما تجدر الإشارة اليه هو أن هذا النظام بالرغم من كونه يخفض من كلفة منظومة التأريض للبناية بإستخدام المحايد نفسه كسلك تأريض إلا أن معظم الدول في العالم (عدا فرنسا وبعض الدول الأوربية) تمنع إستخدامه لإسباب كثيرة لا مجال لحصرها، وقد بدأ التوجه في استخدامه في دول أخرى من العالم في الآونة الأخيرة.

ت- نظام (TN-C-S) ، وهو نظام تأريض يكون فيه عمل الموصلين المحايد والوقائي مندمجان معا اي أنه تكون وظائفهما مشتركة في موصل واحد . ويوضح الشكل (8-3(أ)) طبيعة هذا النظام حيث يتم تأريض مصدر الطاقة (المولد) بنظام TN-C ومعدات المستهلك بنظام TN-S .

ث- نظام (IT) ، إذا كانت منظومة التأريض للبناية تتألف من عدة منظومات تأريض ثانوية مستقلة عن بعضها البعض ومعزولة عن منظومة التأريض الأصلية للبناية لأغراض وقاية المعدات والأجهزة الألكترونية من الأخطار الناجمة عن التيارات والفولتيات العالية في المنظومة الأصلية فيسمى هذا النظام (I T) ، الشكل (8- 3 (ب)) .



(ب) نظام IT (أ) نظام TN-C-S

(الشكل 8-3) نظاما التأريض : (أ) نظام TN-C-S ، (ب) نظام (IT) .

حروف التسمية بموجب النظام الدولي IEC60364 (IEC nomenclature)

يتم التفريق بين أنواع الأنظمة الثلاثة للتأريض بموجب النظام الدولي باستخدام رمز بحرفين اثنين وهي : **TN**, **TT**, and **IT**.

يشير الحرف الأول الى الربط بين الأرض ومصدر التغذية (مولد أو محول) وكما يأتي:

T - مربوط ربطا مباشرا للأرض (مأخوذ من الفرنسية : terre) أو I - توجد نقطة مربوطة للأرض (لكن بعزل تام) .

ويشير الحرف الثاني إلى الربط بين الأرض والجهاز أو المعدة المراد تغذيتها وكما يأتي :

T - ربط مباشر للأرض ، مستقل عن أي ربط لأرضي المولد أو المحول (المصدر).

N - ربط للأرضي عن طريق أرضي المحول أو المولد (المصدر) .

وأيا كان شكلها يتم تصميم منظومة التأريض بحيث تكون الأسلاك أو القضبان المستخدمة ذات مقاومة قليلة جدا للتيار الكهربائي وذلك لكي تكون دائرة التأريض الممر السهل للتيار و تبعد الخطر عن الأشخاص الذين قد يلامسون أجزاء معدنية أو اللوحات الكهربائية في تلك البناية ، لذا فان جميع الأجزاء المعدنية الموجودة في كل بناية يجب أن تربط بمنظومة التأريض ومن هذه الأجزاء :

ا- جميع الأجهزة أو المعدات الكهربائية بما فيها تراكيب الأنارة و مفاتيحها ومآخذ القدرة ومماشي الكيبلات (Cable trays) المعدنية .

ب- جميع الأجهزة و المعدات الميكانيكية .

ج- السلالم و المماشي و الأبواب المعدنية و هياكل الأبنية المعدنية الجاهزة.

د - المغاسل وأنابيب المياه المصنوعة من المعدن و مجاري الهواء وتربط هذه الاجزاء منفردة بواسطة كيبلات أو أسلاك أو روابط نحاسية إلى شبكة التأريض المركزية للبناية.

8-2 القواعد العامة لحماية الأشخاص والمعدات

8-2-1 تأثير التيار الكهربائي على الإنسان

يعتبر الإنسان بالنسبة للمصدر الكهربائي مقاومة إعتيادية موصلة للتيار. ومن المعروف أن التيار الكهربائي هو الذي يقتل الإنسان . ويكمن الخطر في أن الكهربائية التي تسري في جسم الإنسان سوف تحدث تأثيرا كبيرا على وظيفتين مهمتين في الجسم : التنفس والدورة الدموية . يضاف الى ذلك ما تحدثه من حروق داخلية وخارجية للجسم .

وتختلف الحساسية للتيار الكهربائي من شخص لآخر ، فبعض الأشخاص يمكن أن يستشعر تيار أقل من 1 ملي أمبير ، بينما لا يشعر أشخاص آخرين بتيار مساويا إلى 2 ملي أمبير أو أكبر من ذلك . أما تأثيرات قيم التيار للجسم بصورة عامة فتكون كالآتي:

- تيار 10 ملي أمبير يسبب شدا عضليا للإنسان ويجعله يمسك بالجزء المكهرب بدون شعور .
- تيار 20 - 30 ملي أمبير يسبب شدا عضليا كبيرا قد يصل إلى الجهاز التنفسي ويسبب الإختناق.
- تيار 70 – 100 ملي أمبير يؤدي الى شلل الدورة الدموية وإيذاء القلب .
- تيار 1 أمبير يؤدي الى توقف القلب تماما .

هذه الحقائق لا تجعلنا نعير الإهتمام للتيار فقط ، إذ أن الفولتية أيضا قد تكون خطرة في الأجزاء المعرضة للعطل بحيث ترتفع فيها الفولتية الى قيمة تعد خطرة على الإنسان وهي عندما تكون قيمتها أكبر من 50 فولت . ويمكن أن تصل قيمة الفولتية الخطرة الى 25 فولت أحيانا عندما يكون الجو شديد الرطوبة أوكانت يد الإنسان مبتلة بالماء.

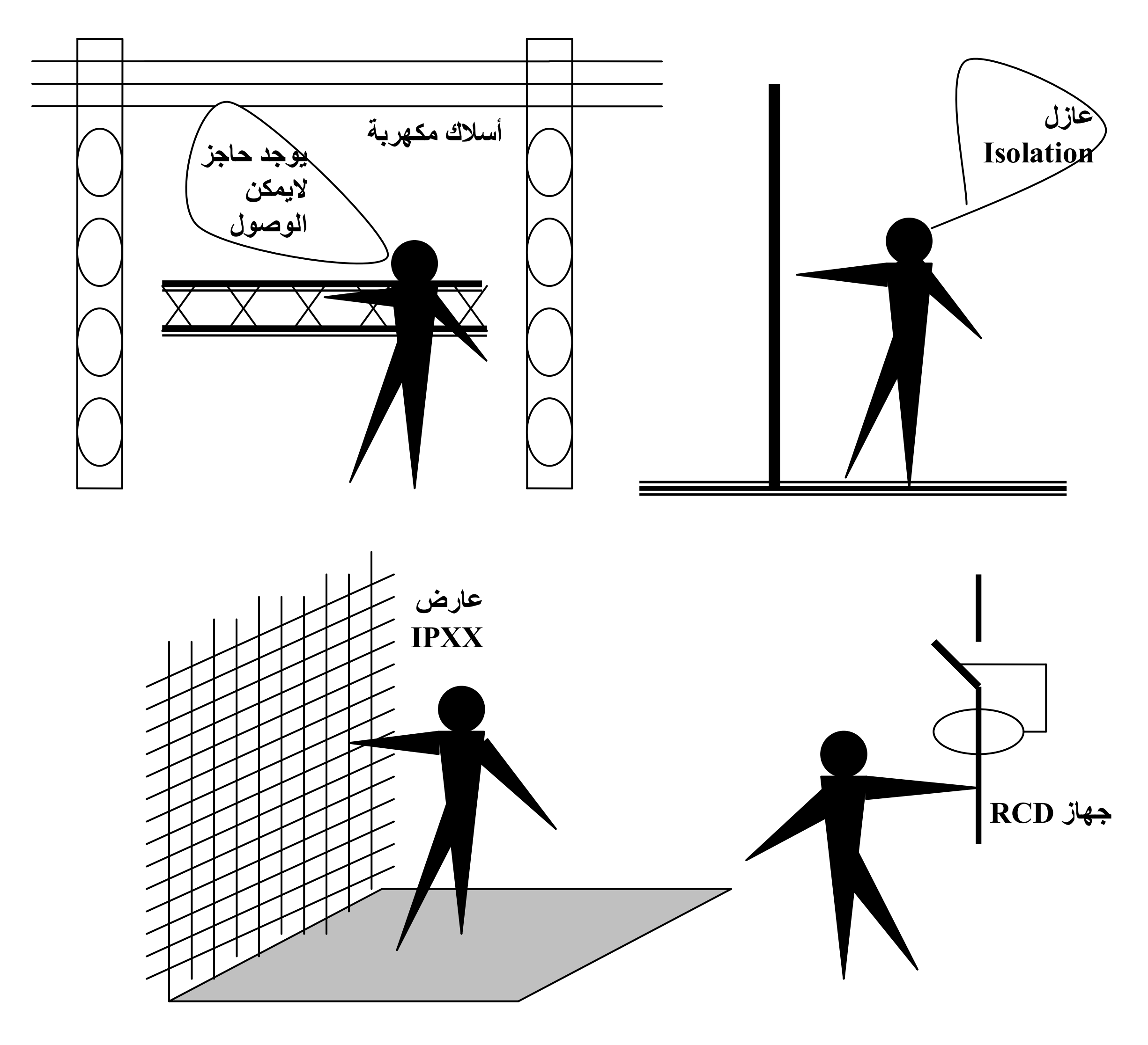
8- 2 - 2 التماس المباشر وغير المباشر Direct and Indirect Contact

يعرف التماس هو مس الإنسان للآجزاء الحية المكهربة ويكون على نوعين:

- التماس المباشر هو مس الأشخاص للجزء الحي المكهرب من التمديدات الكهربائية (سلك الخط أو سلك المحايد) أو جهاز كهربائي .

- التماس غير المباشر هو تماس الأشخاص مع جسم موصل (جهاز كهربائي) أصبح مكهربا نتيجة حدوث عطل أو عارض .

لحماية الأشخاص من التماس المباشر مع الأجزاء المكهربة تتبع عموما طرق الوقاية الآتية ، لاحظ الشكل (8-4) :



الشكل (8 -4) طرق حماية الأشخاص من التماس المباشر مع الأجزاء المكهربة .

- الوقاية بعزل الأجزاء المكهربة
- الوقاية بواسطة الحواجز الإصطناعية والحاويات IP2X
- الوقاية بواسطة الموانع والعوارض
- الحماية المكملة بواسطة أجهزة التيار المتبقي RCDs .

أما الحماية ضد التماس غير المباشر فتشمل :

- الوقاية باستخدام أجهزة معزولة بعزل مضاعف (الصنف 2) . هذه الأجهزة موجودة عادة في الأسواق وتحمل الرمز مربعين أحدهما داخل الآخر للإشارة إلى العزل المضاعف : ⧈ علما أن هذه الأجهزة لا تؤرض.
- الوقاية باستخدام محولات عزل على أن يتم عزل الملف الثانوي عن الإبتدائي كهربائيا.

8 - 2 - 3 الحماية باستخدام أجهزة تفصل المصدر تلقائيا

تعد هذه الطريقة من الطرق الشائعة الإستخدام في الوقت الحاضر لحماية الأشخاص من الصدمة الكهربائية وتكمن في استخدام قواطع دائرة آلية تعمل على فصل المصدر عند التحسس بوقوع عطل خطر على الأشخاص . ويعتمد اختيار نوع القاطع على نوع منظومة التأريض المستخدمة في التمديدات الكهربائية للأبنية ، كذلك يعتمد زمن اشتغال القاطع على قيمة فولتية التماس Contact Voltage أو ما تسمى عادة فولتية اللمس Touch Voltage ويعطي الجدول (8-1) الآتي القيم الدنيا لعمل هذه القواطع أو أجهزة الحماية.

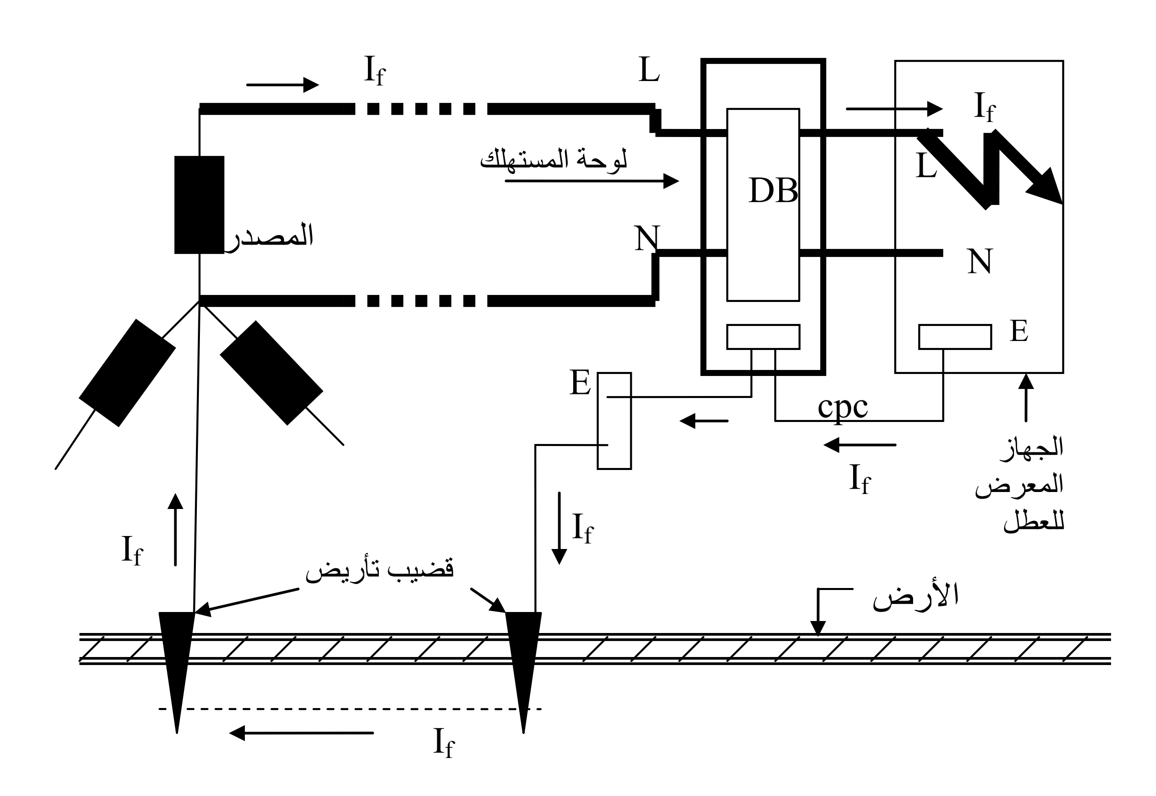
الجدول (8-1) القيم الدنيا لزمن عمل قواطع أو أجهزة الحماية لفولتبة تماس.

فولتية التماس (فولت)	زمن اشتغال جهاز الحماية (ثانية)
أقل من 50	مالانهاية
50	5
75	0.6
90	0.45
120	0.34
150	0.27
220	0.17
280	0.12
350	0.08
500	0.04

8 - 3 نظرية العطل في منظومات التأريض

لإجل توضيح تأثير الأعطال وحساب التيارات والفولتيات الخطرة الناجمة عنها تبصر جيدا في الشكل (8-5) الذي يوضح جهازاً كهربائياً ذي طور واحد يتغذى من لوحة توزيع مستهلك DB وقد حدث عطل أرضي (الخط L الى الأرض) ، في هذه الحالة سيكون مسار تيار العطل I_f ضمن دارة العطل الموضحة في الشكل نفسه . وتكون الممانعة الكلية لدارة عطل الأرض Z_S كالآتي :

$$Z_S = Z_e + (R_1 + R_2)\ \Omega$$



الشكل (8-5) مسار تيار عطل الأرض.

حيث أن :

Z_e = ممانعة المصدر (المحول) المجهز وكيبلات التجهيز مضافا اليها مقاومة قضبان التأريض في نظام TT .

R_1 = مقاومة سلك الخط المغذي للجهاز من لوحة المستهلك .

R_2 = مقاومة دائرة موصل الحماية الأرضي Circuit protective conductor- cpc .

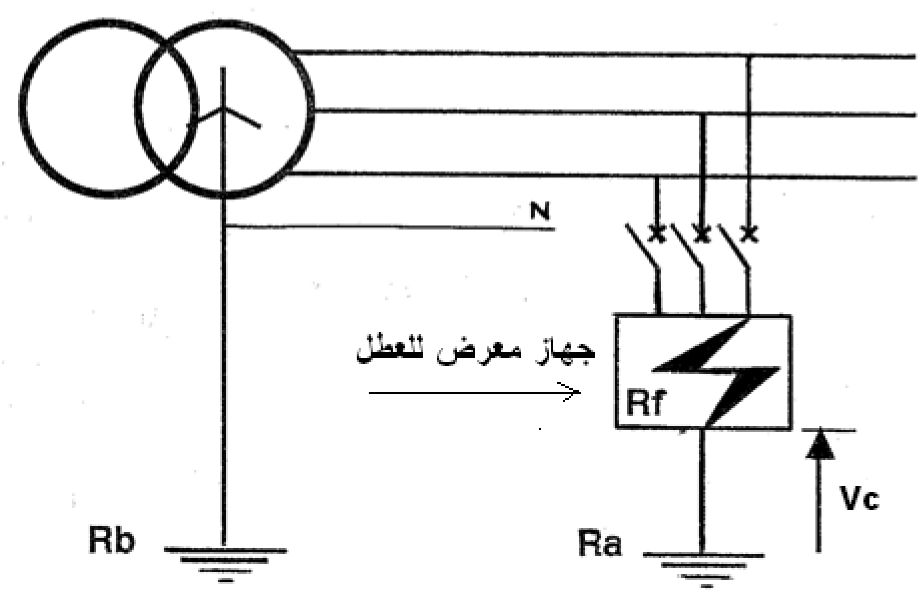
إن قيم R_1 و R_2 يمكن إيجادها بسهولة من جداول الأسلاك والكيبلات المعطات في الفصل الثاني. أما Z_e فمن الصعوبة بمكان إيجادها أو قياسها . على أية حال يمكن الحصول على قيمها التقريبية من الجدول (8-2) الآتي لغرض الفائدة:

الجدول (8-2) .

نوع نظام التأريض	الممانعة Z_e بالأوم
TT	21
TN-S	0.8
TN-C	0.35

نظرية العطل في منظومة TT

تعد منظومة التأريض نوع TT من أكثر المنظومات إستخداما في التمديدات الكهربائية للأبنية . ويتم في هذه المنظومة تأريض نقطة محايد محول المصدر Star point of the transformer من خلال قضيب تأريض (مكهر) في المحطة الثانوية وكذلك عمل قضيب تأريض مستقل لكل مستهلك كما موضح في الشكل (8-6) ، لذلك يستوجب قيام المستهلك بإجراء فحص دوري لمعرفة قيمة مقاومة التأريض ما أمكنه ذلك .



الشكل (8- 6) منظومة TT للتأريض .

بالإشارة الى الشكل (8- 6) يلاحظ أن الجهاز قد تعرض إلى عطل خط – أرض عن طريق بدن الجهاز المؤرض وكانت مقاومة العطل نفسه هي R_f . في هذه الحالة سيمر تيار العطل خلال الآتي:

- الخط المعرض للعطل نفسه مقاومته R_1
- الموصل الحمائي cpc الذي مقاومته R_2 + مقاومة العطل R_f
- قضيب التأريض (المكهر) الذي مقاومته R_a للمستهلك
- قضيب التأريض (المكهر) الذي مقاومته R_b للمحول

لذا تكون ممانعة دارة العطل الكلية:

$$Z_S = R_a + R_f + R_b + (R_1 + R_2)$$

وإذا اعتبرنا أن قيم المقاومات R_1 و R_2 و R_f صغيرة بحيث يمكن إهمالها ، عليه يكون تيار العطل :

$$I_f = V_0 / Z_S = V_0 / (R_a + R_b) = V_0 / Z_e$$

وإذا أخذنا $R_a = R_b = 10$ أوم بحيث تكون $Z_e = 20$ أوم مثلا ستكون قيمة تيار العطل :

$$I_f = V_0 / Z_e = 230 / 20 = 11.5 \ A$$

هذه القيمة لتيار العطل تكون كبيرة من ناحية وصغيرة من ناحية أخرى :

تكون كبيرة إذ أن مقدار فولتية التماس Contact Voltage ، V_C للجهاز خلال العطل هي:

$$V_C = I_f R_a = 11.5 \times 10 = 115 \ V$$

هذا المقدار من فولتية التماس يكون خطرا جدا على الأشخاص فيما لو مس أحدهم الجهاز العاطل ، لذا على جهاز الحماية فصل الدائرة بسرعة وبأقل من 0.2 ثانية من الزمن.

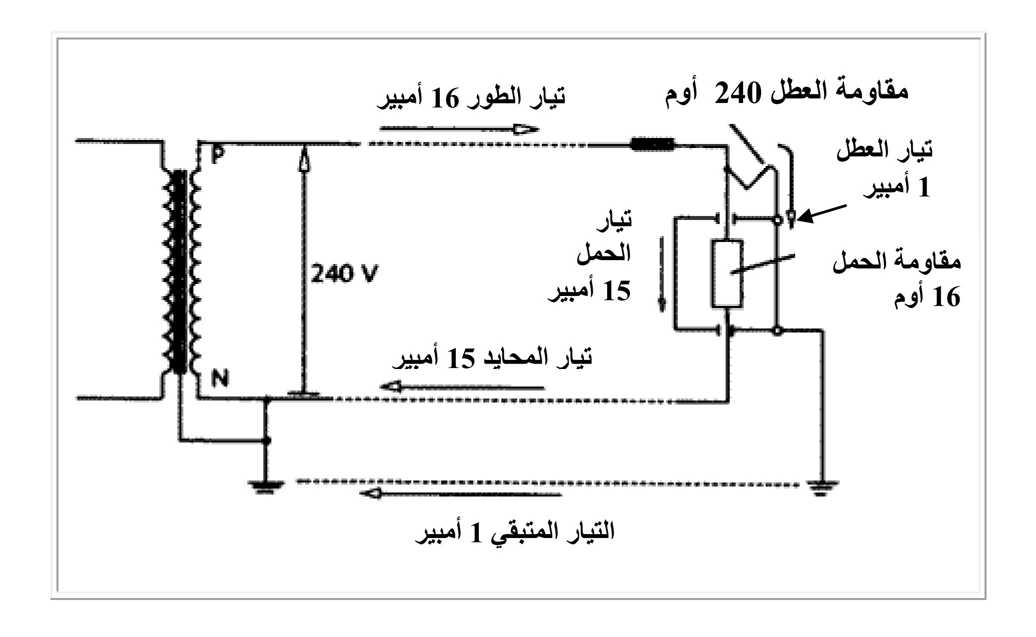
أما كونها صغيرة فلسوء الحظ قد لايسبب هذا التيار اشتغال وسيلة الحماية ضد زيادة الحمل Overload المنظمة ضمن الدائرة وبوقت قصير (0.2 ثانية) وقد لا نتوقع أيضا أن قاطع آخر يقوم بالحماية الساندة أن يفصل الدائرة بهذا المقدار الصغير من التيار .

على هذا الأساس نحتاج الى جهاز حمائي يتحسس التيارات الصغيرة هذه ويبادر باعطاء أمر الى قاطع دائرة أو وسيلة فصل أخرى لعزل الدائرة عن المصدر.هذا الجهاز يدعى بجهاز التيار المتبقي RCD الذي مر ذكره في الفصلين الخامس و السادس.

جهاز التيار المتبقي Residual Current Device – RCD

نظرية عمل هذا الجهاز سهلة للغاية : من حيث المبدء فان جهاز RCD هو قاطع دائرة يقارن باستمرار التيار المار في سلك الطور Phase Current مع التيار الذي يمر في السلك المحايد Neutral Current والفرق بينهما وهو التيار المتبقي Residual Current سوف يسري الى الأرض كونه يترك المصدر من خلال خط الطور وليس له عودة عن طريق الخط المحايد ، ففي الشكل (8-7) الذي يبين حمل مقاومي مقدار مقاومته 16 أوم يتغذى من مصدر 240 فولت يسحب تيار مقداره 15 أوم وقد حدث عبره عطل (تسربي عبر مقاومة الحمل الى الأرض) مقاومته 240 أوم فالتيار الذي يسري الى الأرض سوف يكون 1 أمبير يسري عن طريق الأرض راجعا الى المصدر . في كل الأحوال ينشأ دائما تيار متبقي في مقاومة العزل والمتسعة الناجمة مع الارض لجميع الأحمال ، الا انه في الدوائر غير المعرضة للعطل يكون هذا التيار ضئيل جدا وقلما يزيد عن 2 ملي أمبير.

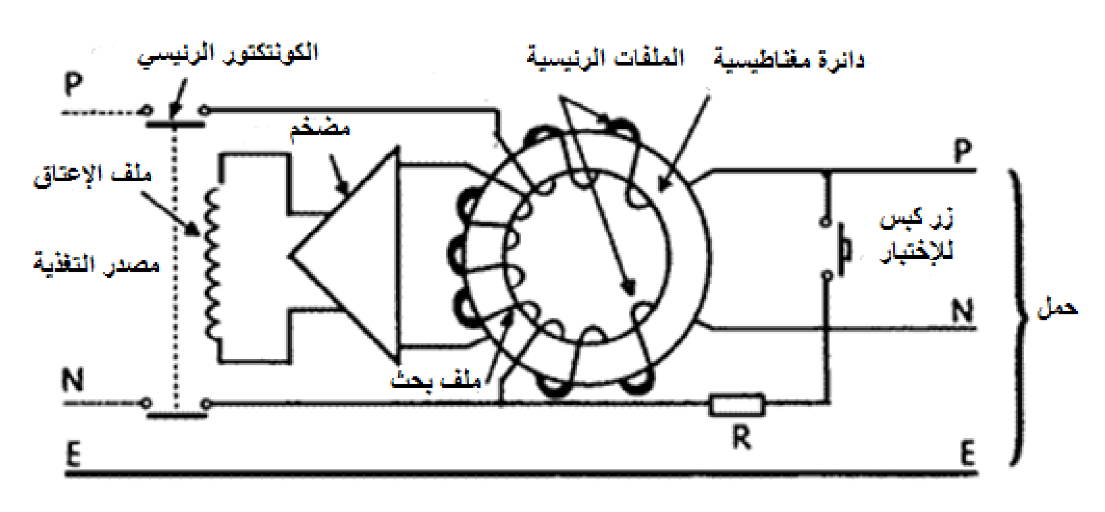
والغرض من جهاز التيار المتبقي هو مراقبة التيار المتبقي وقطع الدائرة بسرعة عندما يصل هذا التيار الى مستوى معين . ويربط هذا الجهازببساطة كما موضح في الشكل (8-8) حيث تغلق الملامسات



الشكل (8-7) معنى التيار المتبقي .

الرئيسية (Main contacts) تعاكسها قوة ضغط لنابض (Spring) الذي يقوم باعطاء الطاقة اللازمة لفتحمهما عند اشتغال وسيلة الإفلات للجهاز . ويمر كل من تيار الطور وتيارالمحايد في ملفين متعاكسين في طريقة اللف لدائرة مغناطيسية بحيث يولد كل منهما فيضا (دفقا) مغناطيسيا يساوي في المقدار ويعاكس في الاتجاه كل منهما الآخر بحيث يكون التيار المتبقي صفرا.

اما التيار المتبقي المتسرب الى الأرض الناجم عن ملف خط الطور فسوف يرجع عن طريق السلك الأرضي متجنبا المرور في ملف خط المحايد الذي يحمل تيارا أقل ، وهذا يعني ان الفيض المغناطيسي المتسبب عنه يكون أقل من ملف خط الطور ، عليه سوف ينشأ فيض مغناطيسي في قلب الدائرة المغناطيسية وهذا الفيض سيتعشق مع ملف البحث (Search coil) الملفوف على الدائرة المغناطسية نفسها مولدا فيه قوة دافعة كهربائية تعتمد قيمتها على شدة التيار المتبقي، هذه القوة ستدفع تيارا الى منظومة الإفلات أو الإعتاق Tripping system . فاذا كان مقدار هذا التيار اكبر من قيمة معينة سوف يقوم بإفلات القاطع وفصل الدائرة عن المصدر. وفي قواطع الدائرة التي تعمل بتيارات متبقية منخفضة قد يضاف مضخم Amplifier في دائرة الإعتاق كما موضح في الشكل (8-8) .



الشكل (8-8) جهاز التيار المتبقي في الدوائر احادية الطور.

وفي الدوائر ثلاثية الطور يوضع محول ذي قلب حديد حلقي الشكل Toriod حول جميع الخطوط الفعالة بما فيها الخط المحايد ويستثنى من ذلك سلك الحماية الأرضي E أو PE ، كما في الشكل (8-9). هذا المحول الصغير البسيط سوف يقوم بعمل محول تيار ويقوم بجمع التيارات المارة من خلاله ، فإذا كان مجموع التيارات المارة من خلاله صفرا فسوف لايحتث أي تيار في ملفه الثانوي . وخلافه يتحسس المحول الى تيار العطل I_d مهما كان صغيرا ويرسل إشارة خطر الى جهاز التيار المتبقي الذي بدوره سيصدر أمرا الى وسيلة إفلات قاطع دائرة لفصل الدائرة عند حدوث عطل. وتقسم أجهزة التيار المتبقي الى عدة أنواع حسب حساسيتها ، ويقصد بالحساسية هنا هي نسبة الى قيمة التيار $I\ \Delta n$ ، وهو مقدار تيار العطل الذي يكفي لأن يقوم الجهاز بارسال الأمر الى القاطع لكي يفصل الدائرة. ويحدد التيار $I\ \Delta n$ حساسية أجهزة RCD كما يأتي:

- جهاز RCD عالي الحساسية : $I\ \Delta n \le 30\ mA$
- جهاز RCD متوسط الحساسية : $30\ mA \le I\ \Delta n \le 3A$
- جهاز RCD منخفض الحساسية : $I\ \Delta n \ge 3A$

كيفية اختيار حساسية جهاز RCD

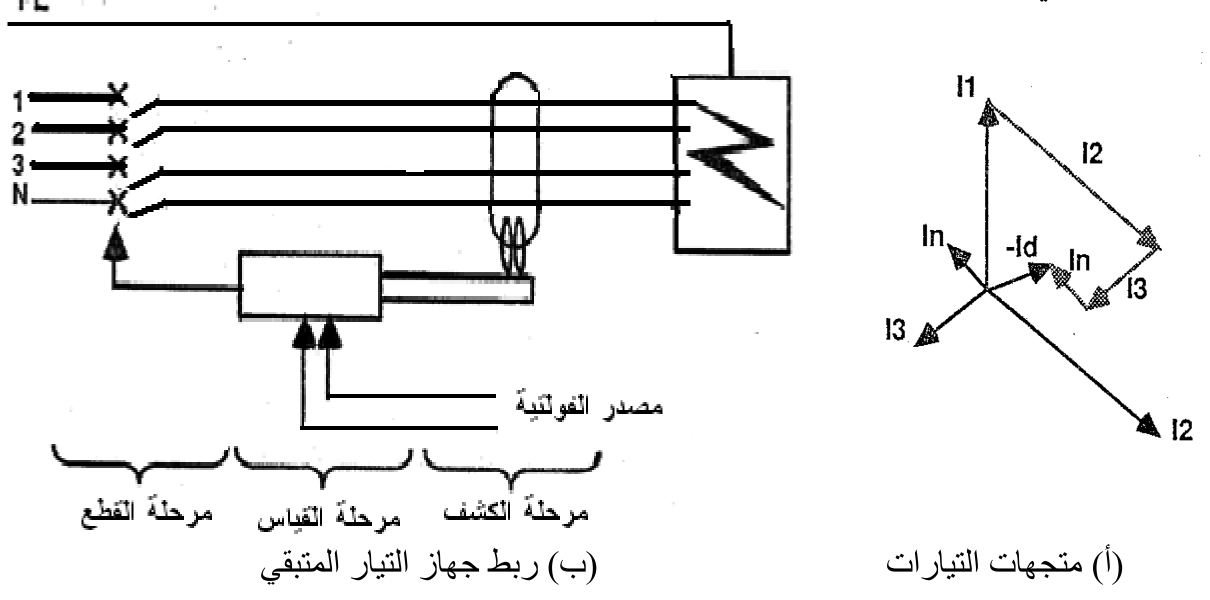
المسألة بسيطة جدا ، نختار حساسية الجهاز من المعادلة البسيطة التالية :

$$I\ \Delta n < V_{Cmax} / R_a$$

حيث أن : R_a = مقاومة التأريض المربوط اليها الجهاز المعرض للعطل.

V_{Cmax} = فولتية التماس القصوى الأمينة التي لايجب أن نتجاوزها (50 فولت مثلا) .

والحقيقة أن هذا ليس هو العامل الوحيد الذي يؤخذ في ضبط جهاز RCD وإنما يجب الإنتباه الى عامل التأخير الزمني المطلوب أيضا.



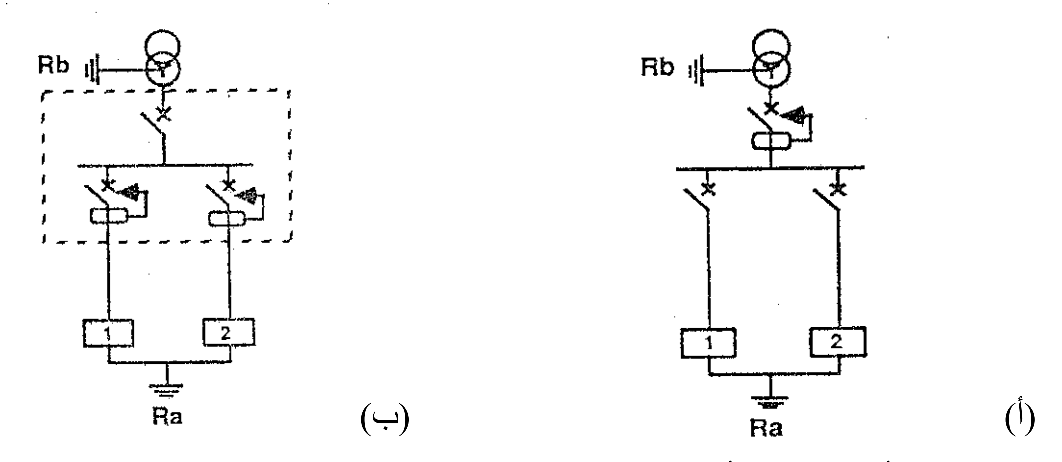
(ب) ربط جهاز التيار المتبقي (أ) متجهات التيارات

الشكل (8-9) نظرية جهاز التيار المتبقي للدوائر ثلاثية الطور .

أين نضع أجهزة التيار المتبقي؟

■ إذا كانت منظومات التأريض متصلة مع بعضها فإن النظام الدولي يقضي بوضع جهاز RCD واحد عند بداية المصدر كما موضح في الشكل (8- 10 (أ)) .

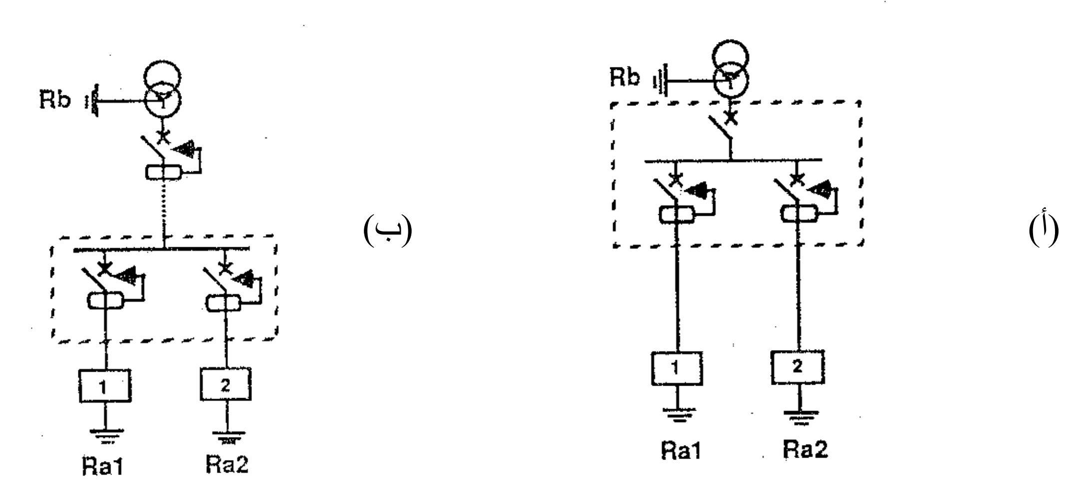
يلاحظ ان هذا الترتيب يؤمن الحماية للمستهلكين إلا أنه يقوم بفصل التيار الكهربائي عن جميع المستهلكين في آن واحد عند حدوث عطل في أحد المغذيات . ولأجل تفادي هذه المعضلة يمكن استخدام جهازRCD واحد لكل مستهلك شريطة وضع جميع هذه الأجهزة في لوحة توزيع واحدة ، لاحظ الشكل (8- 10 (ب)) . هذا الترتيب يسمى بالتمييز الحمائي الأفقي Horizontal Discrimination .



(ب) (أ)

الشكل (8- 10) أماكن وضع أجهزة التيار المتبقي RCDs لمجموعة مغذيات لها منظومات تأريض متصلة.

■ إذا كانت منظومات التأريض للمستهلكين (المغذيات) غير مرتبطة مع بعضها : يمكن في هذه الحالة نصب جهازRCD واحد لكل مستهلك (مغذي) شريطة أن تكون جميع المغذيات تتغذى من لوحة توزيع واحدة كما موضح في الشكل (8- 11 (أ)) . وخلافا لهذا الشرط يجب نصب جهاز RCD لكل مغذي ونصب جهاز RCD عند المصدر الرئيسي للتغذية كما موضح في الشكل (8-11 (ب)) .

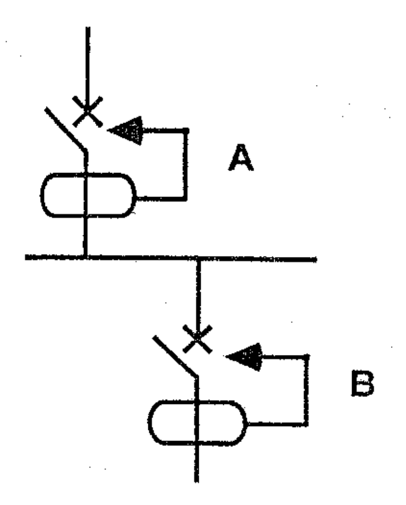


الشكل (8-11) أماكن وضع أجهزة التيار المتبقي لمجموعة مغذيات لها منظومات تأريض منفصلة .

التمييز الحمائي العمودي لأجهزة RCD

لتحقيق التمييز الحمائي العمودي بين أجهزة RCD

كما موضحة في الشكل (8-12) ، يجب تحقيق الشرطين التاليين:



الشكل (8-12) .

$I\,\Delta n\,(A) < 2\,I\,\Delta n\,(B)$
زمن تأخير A أكبر من زمن تشغيل B الكلي

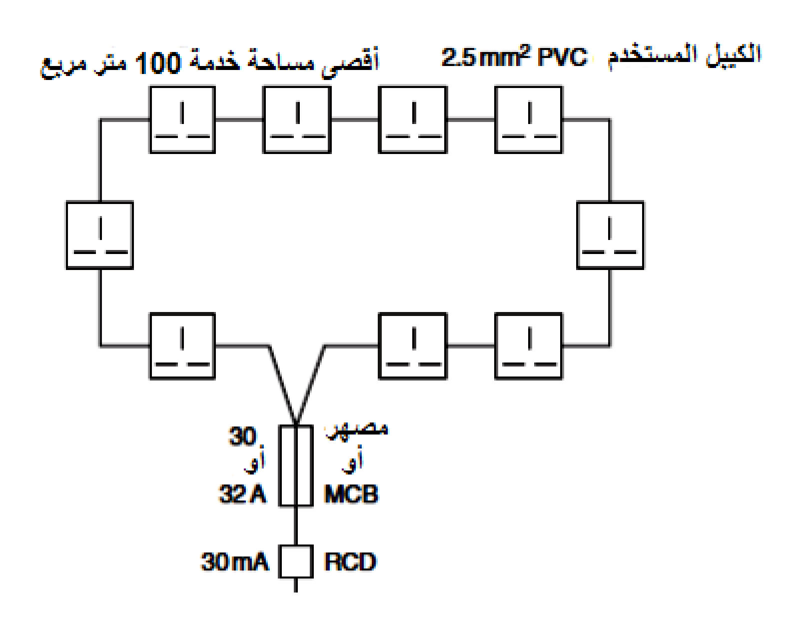
ويجب الإنتباه إلى أنه بالإضافة للشرطين أعلاه يتطلب تنظيم الجهاز B أولا وبعدها يتم ضبط الجهاز A . أي أنه يتم معايرة الجهاز البعيد عن المصدر Downstream أولا ثم الإنتهاء بالجهاز القريب من المصدر Upstream .

التحديدات

1- جهاز التيار المتبقي بوصفه قاطع دائرة لايؤمن الحماية الكاملة ضد الصدمة الكهربائية أو حوادث الحريق ، خاصة أن هذا الجهاز لايعمل عند حالات قصر الدارة وزيادة الحمل . لذا يستوجب أن يربط معه على التوالي مصهر إعتيادي أو قاطع دائرة خاصة في الدوائر الفرعية مثل دوائر المآخذ وغيرها

كما موضح في الشكل (8-13) . وفي الآونة الأخيرة تم صنع جهاز (قاطع) يؤدي وظيفة RCD مع حماية ضد التيارات المفرطة Overcurrents في الوقت نفسه. هذا الجهاز يدعى RCBO ويتوفر في الأسواق بقطب واحد الى أربعة أقطاب . وتم فرض استخدامه في كثير من دول العالم بدلا من قواطع الدائرة المصغرة MCB أو المقولبة MCCB الأعتيادية وخاصة في الدوائر ولوحات التوزيع الرئيسية.

2- لايمكن استخدام جهاز RCD في التمديدات التي تستخدم نظام التأريض TN-C بأي حال من الأحوال لكون أن مقاومة التأريض لهذا النظام تكون صغيرة جدا بعكس نظام TT.



الشكل (8-13) استخدام جهاز RCD لحماية دائرة مآخذ حلقية.

4-8 مكونات شبكة التأريض

تتكون شبكة التأريض بصورة عامة من الأجزاء الآتية :

أ- الموصلات المعدنية

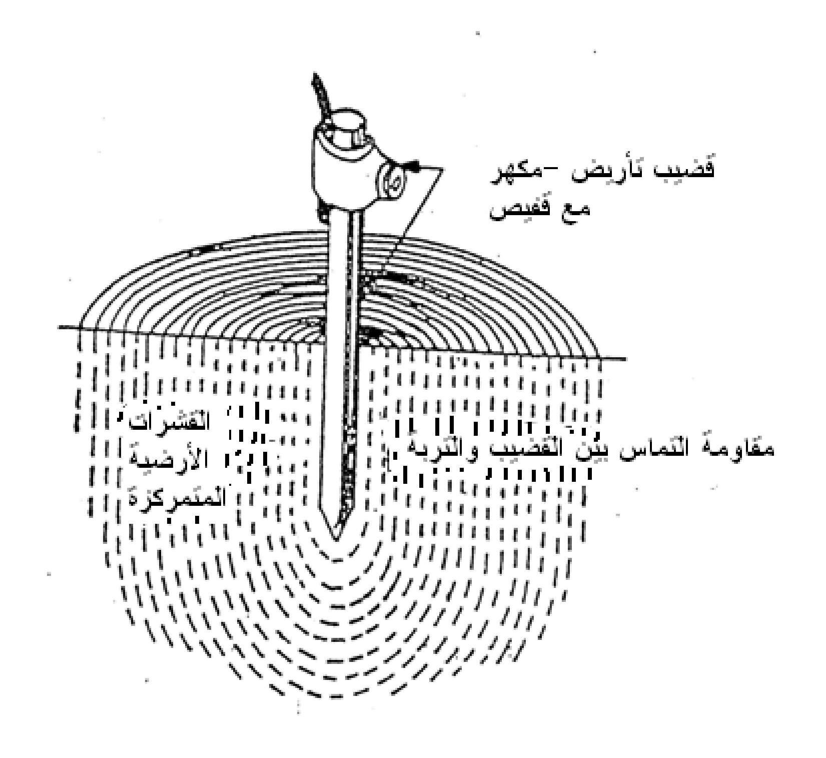
ب- القضبان الأرضية (قضبان التأريض) وتسمى أيضا بالمكاهر

ت- نقاط الفحص

و فيما يلي شرح لهذه الأجزاء:

تختلف أنواع الموصلات المعدنية المستخدمة في شبكة التأريض وذلك حسب المقاومة المطلوبة لمنظومة التأريض و قد تكون إما على شكل كيبلات نحاسية أو أسلاك نحاسية عارية أو معزولة أو على شكل أشرطة نحاسية . و تمد هذه الموصلات بصورة منتظمة داخل البناية و يتم ربط جميع اللوحات الكهربائية والمكائن والمعدات والأجزاء المعدنية الأخرى إليها بواسطة أسلاك ذات حجوم مناسبة . وبعد ذلك تربط الشبكة الخاصة بالأرضي بموصلات نحاسية تمد خارج البناية إلى قضبان التأريض

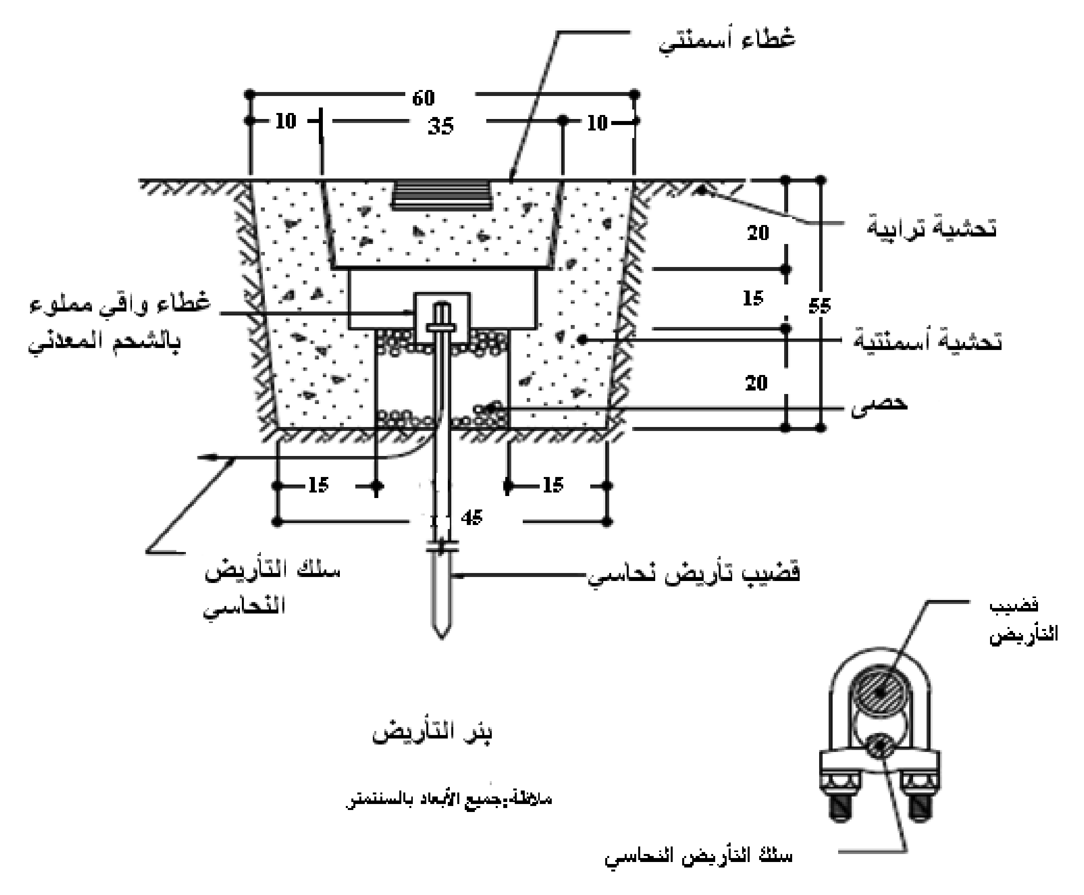
النحاسية (المكاهر) التي تدفن في الأرض بأطوال معينة تعتمد على قيمة المقاومة المطلوبة ونوعية التربة في تلك المنطقة . ويوضح الشكل (8-14) شكل قضيب تأريض قبل غرزه في الآرض بطريقة الطرق المباشر والدفع التدريجي .



الشكل (8-14) قضيب التأريض (المكهر) Groundig rod.

و توضع قضبان التأريض داخل فتحات تفتيش (مانهولات) لأغراض الفحص حيث يمكن فصل هذه القضبان عن نقاط ربطها بالموصلات النحاسية القادمة من داخل البناية . وقد تكون نقاط التأريض أكثر من واحدة في البناية الواحدة ومنفصلة أو متصلة مع بعضها و ذلك يعتمد على حجم البناية أو عدد المكائن والأجهزة الموجودة في هذه البناية وأنواعها.

ففي الأبنية الصغيرة التي توجد فيها أجهزة قليلة لا تحتاج أكثر من قضيب نحاسي واحد أو قضيبين بطول ثلاثة امتارتقريبا و بمقطع لا يقل عن 2سنتمتر، يدفن على انخفاض 50 سنتمترعن مستوى الأرض الطبيعية مع عمل فتحة تفتيش (مانهول) إسمنتية أو من الكونكريت ذات غطاء حديد مناسب ، وتربط بهذا القضيب شبكة التأريض بواسطة موصل ذي مقطع مناسب يتم حسابه إعتماد على التيار المتوقع المار به (سيرد شرحة لاحقا) ، ويربط هذا الموصل بقضيب التأريض بواسطة كلاب معدني (قفيص) متين ، كما مبين في الشكل (8-15). وفي بعض الأماكن يزاد طول قضيب التأريض ويدفن على عمق أكبر، وخاصة في بعض المناطق التي تكون فيها تربة الأرض جافة ومقاومتها عالية نسبيا .



الشكل (8-15) منظومة تأريض تحتوي على قضيب تأريض (مكهر) واحد .

5-8 حسابات مقاومة التأريض (Earthing resistance calculations)

هناك عدة طرق لحساب مقاومة التأريض للقضبان (المكاهر) المدفونة تحت الأرض . وأبسط وأشهر هذه الطرق هي طريقة المعادلة Equation Method ؛ حيث تعطي هذه الطريقة عدة معادلات جاهزة مبنية على الخبرة العملية والدراسات السابقة وكما يأتي :

1- للقضيب الواحد المدفون تحت الأرض

يتم حساب مقاومة التأريض للقضيب الواحد بعد دفنه بالأرض في تربة ذات طبقة واحدة بموجب المعادلة الآتية :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L}\left[ln\left(\frac{8L}{D}\right) - 1\right] \text{ohms} \qquad (8.1)$$

حيث أن: ρ = مقاومية التربة بالآوم.متر

L = طول الموصل الكلي المدفون تحت الأرض (متر)

D= قطر الموصل الكلي (متر)

ln = اللوغارتم الطبيعي

مثال 8 – 1 :

إحسب مقاومة التأريض لقضيب نحاس مدفون في الأرض بطريقة الطرق و الدفع التدريجي طوله 3 متر وقطره 2 سنتمتر إذا كانت مقاومية التربة 60 أوم . متر .

الحل :

$$R = \frac{60}{2x3\pi}\left[ln\left(\frac{8x3}{0.02}\right) - 1\right] = 19.4\ \Omega$$

2- حساب مقاومة التأريض لقضبان نحاس مدفونة في الأرض و مربوطة على التوازي

لغرض تقليل مقاومة التأريض يتم ربط عدة قضبان على التوازي ، فمثلا إذا ربطت قضيبان أخرى إضافية عددها n الى القضيب المذكور في المثال (8-1) أعلاه وعلى بعد متساو مقداره s متر منه فإن مقاومة التأريض R_n الكلية للقضبان سوف تكون :

$$R_n = R\left[\frac{1 + \lambda a}{n}\right] \qquad (8.2)$$

حيث:

$$\alpha = \frac{\rho}{2\pi Rs} \qquad (8.3)$$

ρ = مقاومية التربة بالآوم.متر

s = المسافة بين القضبان بالمتر

n = عدد القضبان

أما λ فهو عامل يعتمد على الترتيب الهندسي للقضبان ويمكن ايجاده كما يأتي :

- من جدول – (8-3) إذا كانت قضبان التأريض موضوعة على خط مستقيم واحد وبتباعد متساو.
- من جدول – (8-4) إذا كانت قضبان التأريض موضوعة على خط مستقيم واحد وبتباعد متساو حول محيط مربع (المحيط الخارجي لبناية مثلاً).
- في حالة وضع ثلاثة قضبان في رؤوس مثلث متساوي الأضلاع فيؤخذ العامل λ = 1.66 .

الجدول (8 -3) قضبان على التوازي بخط مستقيم

عدد القضبان	العامل λ
2	1.0
3	1.66
4	2.15
5	2.54
6	2.87
7	3.15
8	3.39
9	3.61
10	3.81

الجدول (8 -4) قضبان حول محيط مربع

عدد القضبان	العامل λ
2	2.71
3	4.51
4	5.48
5	6.14
6	6.63
7	7.03
8	7.36
10	7.90
12	8.32
14	8.67
16	8.96
18	8.96
20	20

ملاحظة1 : عدد القضبان حول المربع هو $4(n-1)$

ملحوظة 2 : بالإمكان استخدام الجدول (8 -4) للقضبان المرتبة بشكل مستطيل حيث يحسب عدد القضبان n بـ (1+ (عدد القضبان الكلي) ÷ 4) على ان تكون النسبة بين طول المستطيل الى عرضه لا تتجاوز 2 .

مثال 8 – 2 :

إحسب مقاومة التأريض لقضيبين من النحاس مربوطين على التوازي ومدفونين في الأرض بطريقة الطرق والدفع التدريجي علما أن طول كل منهما 3 متر وقطر كل منهما 2 سنتمتر إذا كانت مقاومية التربة 60 أوم . متر والبعد بين القضيبين هو 3 متر .

الحل : من المثال (8 -1) السابق ، مقاومة القضيب الواحد $R = 19.4\ \Omega$

$$\alpha = (\rho / 2\pi s R) = (60/ 2x3.14x3x19.4) = 0.16$$

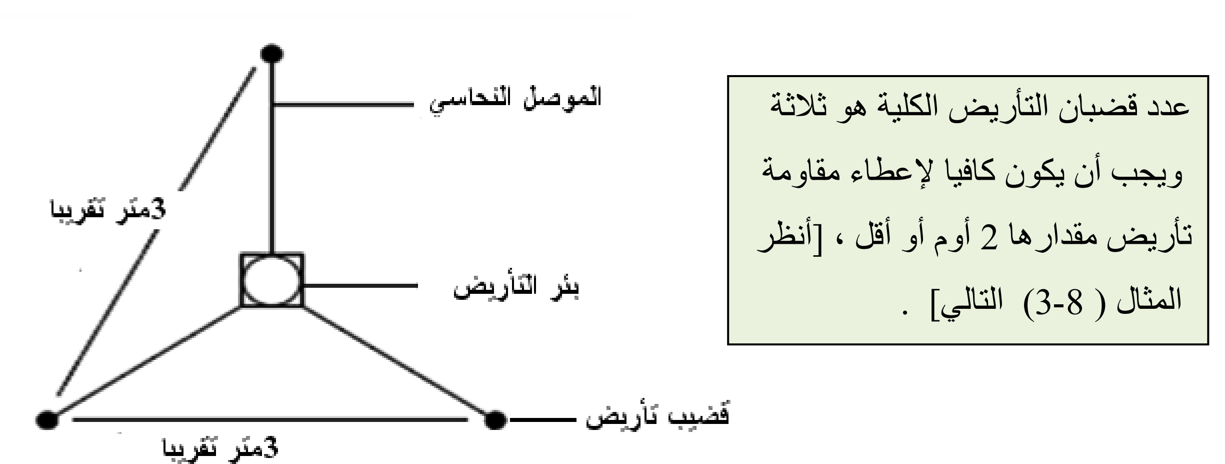
من الجدول (8-3) ، $\lambda = 1.0$

من المعادلة (8-2) نجد أن :

$$R_2 = 19.4 \left[\frac{1 + 1.0x\ 0.16}{2}\right] = 11.25\ \Omega$$

يلاحظ من النتيجة أن مقاومة التأريض قلت إلى النصف تقريبا .

مما تجدر الإشارة إليه هو أن أفضل منظومة تأريض للأبنية المتوسطة الكبر تكون مؤلفة عموما من ثلاثة قضبان نحاسية مربوطة مع بعضها على شكل مثلث ،الشكل (8-16) . ويكون طول ضلع المثلث بقدر طول القضيب نفسه . في هذه الحالة تقل مقاومة التأريض إلى الثلث تقريبا أي أن : $R_{eq3} = R/3$.



الشكل (8-16) منظومة تأريض ذات ثلاثة قضبان تأريض .

أما علاقة عدد القضبان مع مقاومة التأريض فقد وجد بأنه إذا زاد عدد القضبان على ثلاثة فإن المقاومة ستقل بنسبة ضئيلة ؛ فمثلا إذا زيد العدد إلى ستة قضبان فإن المقاومة ستقل بنسبة 10% فقط عن ما كانت عليه في حالة ثلاثة قضبان . لذلك فإن ثلاثة قضبان يعتبر العدد المثالي في العموم .

مثال 8 – 3 :

إحسب مقاومة التأريض لثلاثة قضبان تأريض من النحاس مربوطة على التوازي ومدفونة في الأرض بطريقة الطرق والدفع التدريجي علما أن طول كل منها 3 متر وقطر كل منها 16 ملمتر إذا كانت مقاومية التربة 20 أوم . متر والبعد بين القضبان هو 3 متر .

من الجدول (8-3) ، العامل λ لثلاثة قضبان = 1.66

الحل :

أولا- نحسب مقاومة القضيب الواحد من المعادلة (8-1) وكالآتي:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L}\left[ln\left(\frac{8L}{D}\right) - 1\right] \text{ ohms}$$

$$R = \frac{20}{2\pi x3}\left[ln\left(\frac{8x3}{0.016}\right) - 1\right] = 6.70\ \Omega$$

ثانيا- نحسب المقاومة لثلاثة قضبان على التوازي من المعادلتين (8-2) و (8-3) :

$$\alpha = (\rho / 2\pi s R) = (20/ 2x3.14x3x6.70) = 0.158$$

$$R_3 = 6.70\left[\frac{1 + 1.66x\ 0.158}{3}\right] = 2.02\ \Omega$$

وتعتمد أطوال القضبان وأبعادها التي تشكل المثلث على المقاومة المطلوبة لتحقيق أفضل تفريغ للتيار المار بالشبكة الى الأرض ، والمقاومة المطلوبة تعتمد على نوع التربة التي تدفن بها القضبان النحاسية (رطوبتها ودرجة الملوحة فيها) كما لوحظ من المعادلات الرياضية الواردة في أعلاه ، (1- 8) و (8-2)، أنها تعتمد مباشرة على قيمة مقاومية التربة ρ التي بدورها تكون معتمدة على نوع التربة نفسها. والجدول (8-5) يبين المقاومية الكهربائية لأنواع مختلفة من الترب لغرض التوضيح .

الجدول (8-5) تركيب التربة ومقاوميتها .

تركيب التربة	المقاومية أوم . متر (m. Ω) .
مستنقعات وترب مغمورة بالماء	30 – 5
تربة طينية	100 - 20
طين – رمل	500 – 50
رمل سليكوني	3000 - 200
أرض صخرية	3000 - 1500

3- إستخدام الأشرطة الموصلة والموصلات المستديرة الأفقية مكاهرا للتأريض

Horizontal strip or round conductor as earthing electrodes

في الأبنية المتعددة الطوابق والأبراج وكذلك المنشآت الكبيرة أو الورش الصناعية التي تحتوي على أجهزة ومكائن كهربائية أو محطات كهربائية ذات حمل كبير فيتم عمل نقاط تأريض كثيرة حول البناية تسمى بئر التأريض Earthing Pits، وتتكون كل بئرة تأريض من قضيب تأريض واحد أو أكثر تدفن في الأرض على أبعاد مناسبة وتربط هذه النقاط مع بعضها بواسطة موصل نحاسي أفقي مشترك مدفون تحت الأرض بعمق معين (h) مع عمل فتحات تفتيش لهذه القضبان لأغراض الفحص والصيانة . وتستخدم ايضا الأشرطة النحاسية والموصلات المستديرة ، حيث تمتلك الأشرطة الموصلة والموصلات المستديرة الأفقية مميزات جيدة خاصة للتأريض عندما تكون التربة ذات مقاومية ρ عالية واقعة تحت طبقات تربية ضحلة ذات مقاومية منخفضة قريبة من السطح. وتصنع الأشرطة الموصلة عادة على شكل شريط من النحاس غير المقصدر لايقل مقطعه عن 25 ملم × 3 ملم ، وقد تكون من النحاس غير المعزول كتلك الموصلات المستخدمة في خطوط نقل القدرة . وتطبق المعادلة التالية لحساب مقاومة التأريض للمكاهر الشريطية والموصلات المستديرة :

$$R = \frac{\rho}{P\pi L}\left[ln\left(\frac{2L^2}{wh}\right) + Q\right]$$

حيث أن :

R = المقاومة بالأوم
ρ = مقاومية التربة (أوم- متر)
L = طول المكهر الشريطي أو الموصل المدفون أفقيا في الأرض
w = عرض المكهر الشريطي أو قطر الموصل الدائري العادي الأفقي بالمتر
h = عمق الدفن للمكاهر الأفقية
P و Q = معاملان يعتمدان على ترتيب المكاهر في الجدول (8 – 6) التالي .

الجدول (8 – 6) قيم المعاملان P و Q

Electrode arrangement الترتيب الهندسي للمكهر	المعامل		
	P	Q	
		شريطي	مستدير
طول واحد	2	– 1	– 1.3
طولان بزاوية 90 درجة	4	0.5	0.9
ثلاثة أطوال بزوايا 120 درجة	6	1.8	2.2
أربعة أطوال بزوايا 90 درجة	8	3.6	4.1

4- ربط حديد التسليح في الأعمدة الأسمنتية (الكونكريتية) للأبنية مع منظومات التأريض

للحصول على أقل مقاومة تأريض ممكنة في منظومة تأريض بناية أو منشأة ، يفضل ربط حديد التسليح في الأعمدة والقواعد والأسس الكونكريتية فيها مع بئر التأريض . ويتم حساب مقاومة حديد التسليح في الأعمدة اعتمادا على المعادلة الآتية :

$$R = \frac{1}{2\pi L}\left[(\rho_c - \rho)ln\left(1 + \frac{\delta}{z}\right) + \rho \ln\left(\frac{2L}{z}\right)\right]$$

حيث أن :

R = المقاومة بالأوم

ρ = مقاومية التربة (أوم- متر)

L = طول المكهر الشريطي أو الموصل المدفون أفقيا في الأرض

σ= سمك الاسمنت (الكونكريت) بين حديد التسليح والتربة (متر)

ρ_c = مقاومية الكونكريت (أوم- متر) = 200 (أوم- متر)

z = متوسطة المسافة الهندسي لحزمة حديد التسليح (متر) – يمكن الحصول عليه من الجدول (8- 7) التالي .

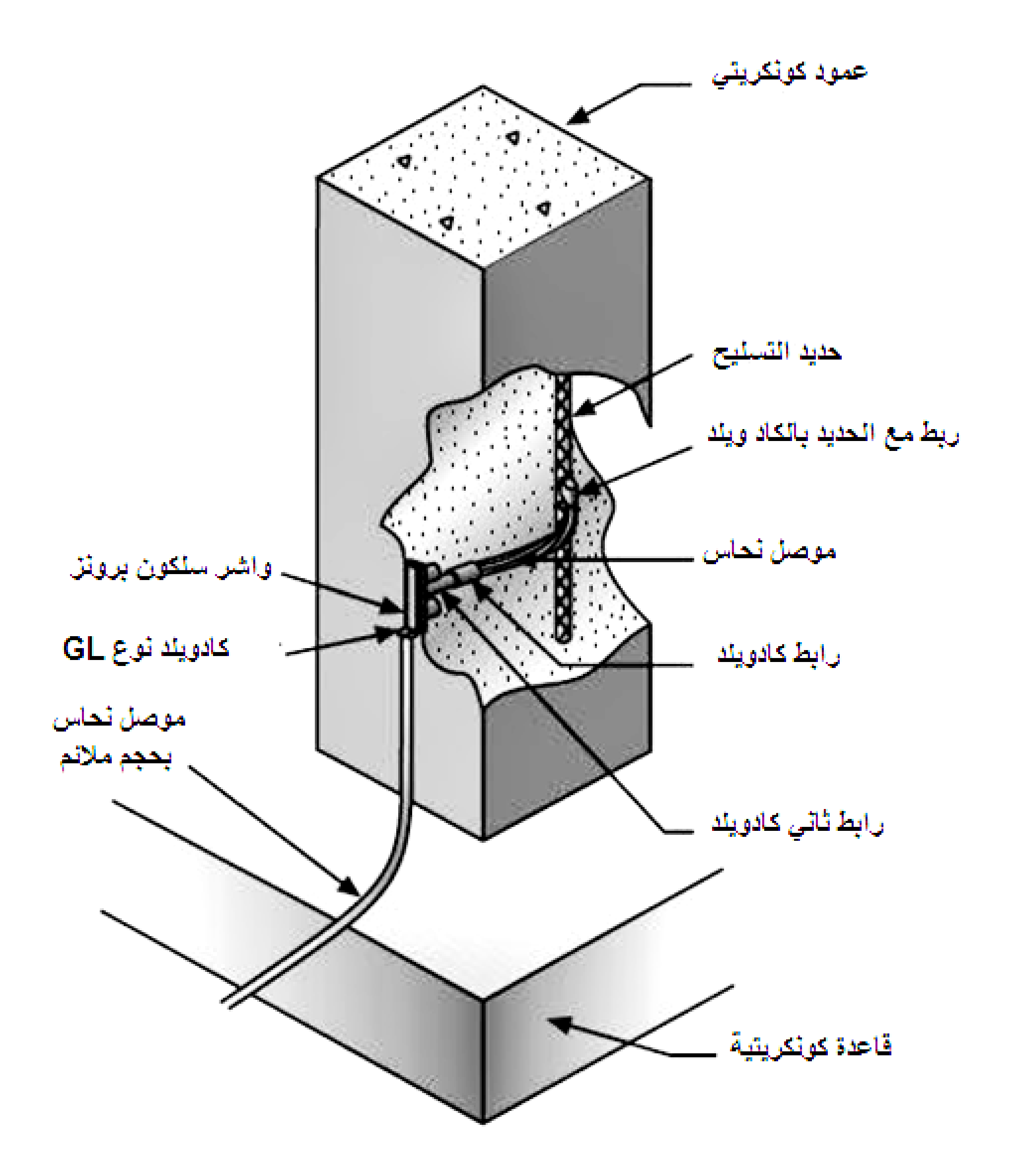
الجدول (8- 7)

متوسط المسافة الهندسي بين قضبان حديد التسليح z

عدد القضبان	ترتيب القضبان	z m
2		$\sqrt[2]{as}$
3		$\sqrt[3]{as^2}$
4		$\sqrt[4]{2as^3}$
6		$\sqrt[6]{6as^5}$
8		$\sqrt[8]{52as^7}$
8		$\sqrt[8]{23as^7}$

في هذا الجدول **a** هو نصف قطر قضيب التسليح (متر) ، **s** المسافة بين قضيبين متجاورين و **z** هو متوسط المسافة الهندسي لحزمة مرتبة من قضبان التسليح .

ويبين الشكل (8-17) طريقة ربط حديد التسليح للأبنية مع منظومة التأريض الرئيسية ، حيث تستعمل طريقة لحام الكادويلد Cadweld او اللحام الحراري لربط حديد التسليح مع موصلات التأريض النحاسية .

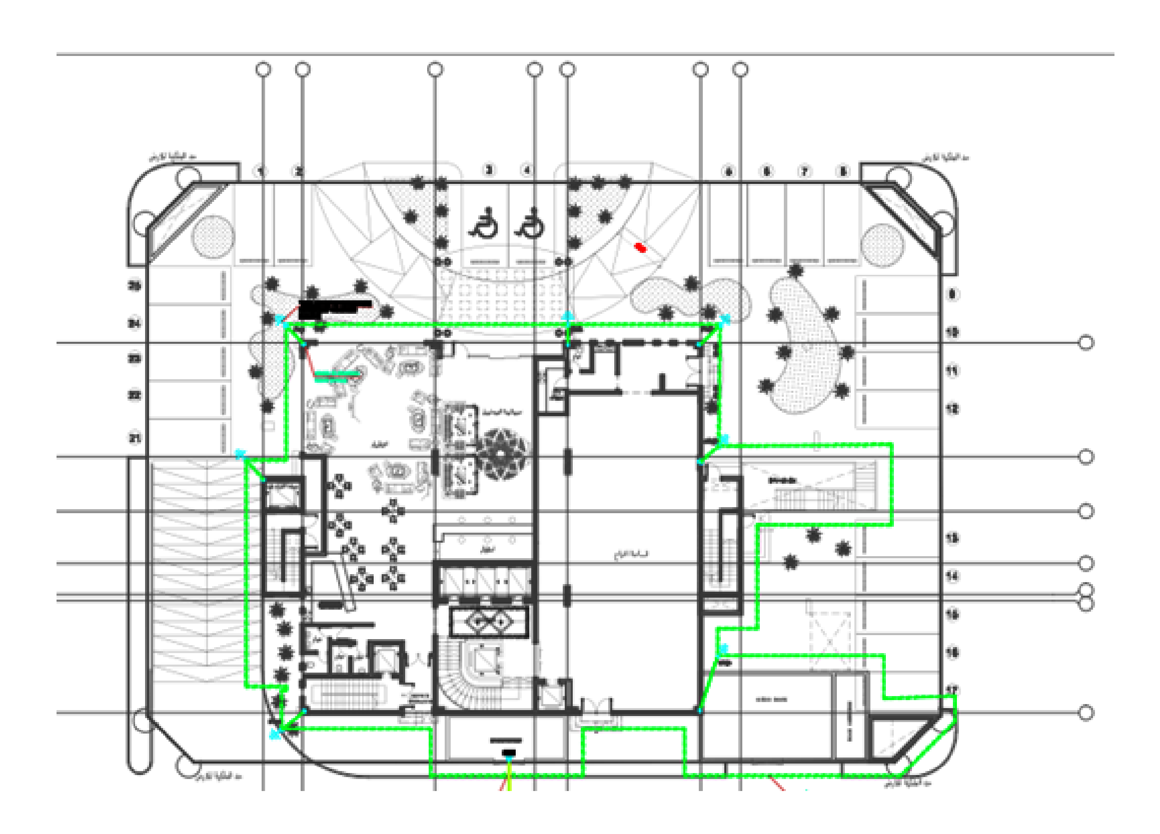


الشكل (8-17) طريقة ربط حديد التسليح للأبنية مع منظومة التأريض الرئيسية.

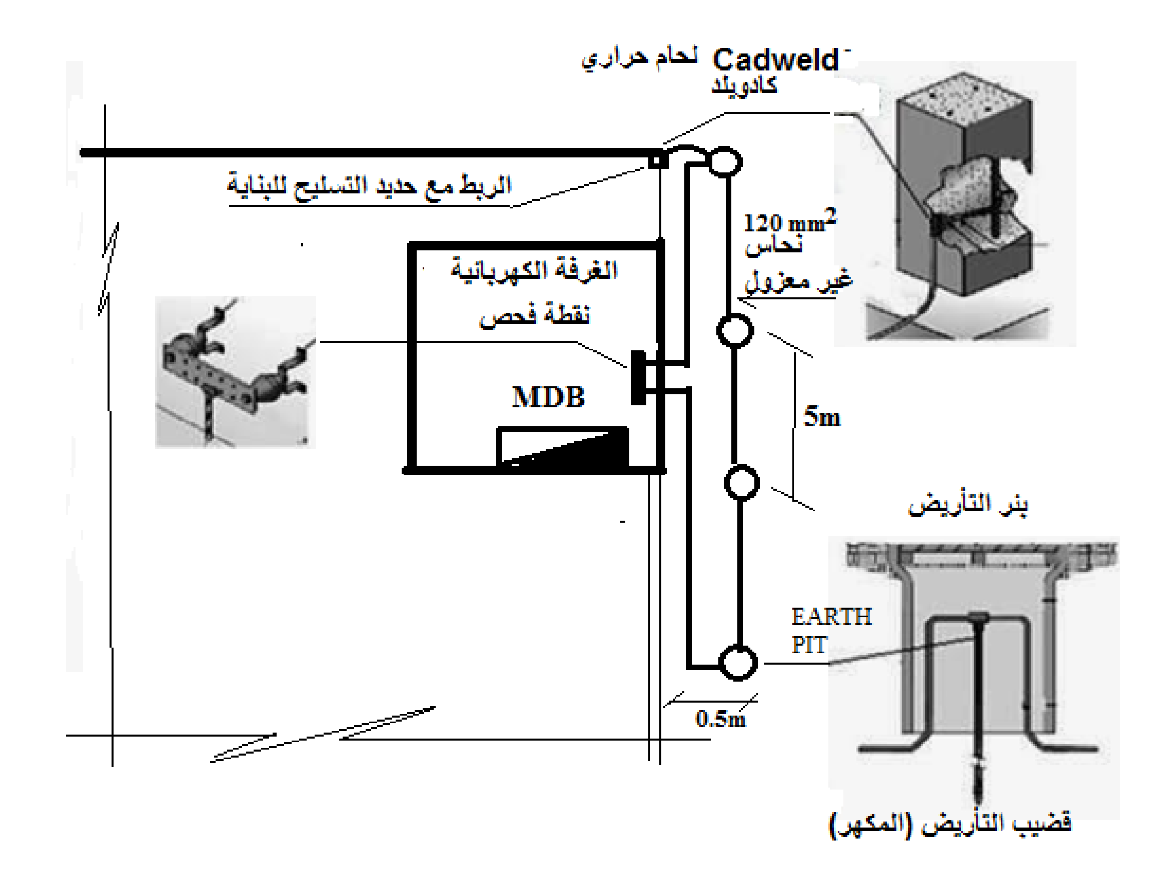
مثال 8-4 :

بناية برج تتألف من 30 طابق أبعادها الخارجية 30.5 × 24.5 متر كما موضحة في الشكل (8 – 18)، مبنية على تربة مقاوميتها 70.3 أوم . متر . صمم منظومة تأريض لهذه البناية باستخدام قضبان تأريض نحاسية تغرز في الأرض بطريقة الطرق و الدفع التدريجي ، طول القضيب 3 متر وقطره 15 ملمتر.

الحل : - نفرض استخدام 4 مكاهر (قضبان تأريض) على خط واحد المسافة بينها 5 متر تربط مع بعضها بموصل نحاس غير معزول قياس 120 ملمتر مربع . تغرز هذه المكاهر في الأرض على مسافة 0.5 متر عن جدار البناية الخارجي وبالقرب من لوحة التوزيع الرئيسية في الغرفة الكهربائية كما موضحة في الشكل (8-19) .



الشكل (8 – 18) التصميم المعماري لبناية البرج.



الشكل (8 –19) منظومة التأريض المقترحة للبناية في المثال (8-4).

خطوة # 1 : حساب المقاومة لقضبان التأريض

تحسب المقاومة لقضيب تأريض عمودي واحد كالآتي :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L}\left[ln\left(\frac{8L}{D}\right) - 1\right] \quad Ohms$$

لذا :

R=   70.3 * { ln (8*3 / 0.015) -1 } /2*3.14*3 = 23.79 ohm

والمقاومة لعدد n من القضبان :

$$R_n = R\left[\frac{1 + \lambda a}{n}\right] Ohms \quad ، \quad \alpha = \frac{\rho}{2\pi Rs} \quad \text{حيث}$$

R = مقاومة التأريض لقضيب ـريض واحد

ρ = مقاومية التربة بالآوم.متر = 70.3

s = المسافة بين قضيبين متجاورين بالمتر = 5 متر

n = عدد القضبان = 4

λ = 2.15 من جدول (8-3) – السطر الثالث

عليه تكون قيمة ,α= 70.3/2 π*23.79*5 = 0.094

وتكون Rn باستخدام أربع بؤر للتأريض :

R_n = 23.79 {(1+2.15*0.094)/4}=7.15 ohm

خطوة # 2 : حساب المقاومة لقضبان التأريض وهي مربوطة مع بعضها بواسطة الموصل الأرضي الأفقي النحاسي قياس $120mm^2$.

لحساب مقاومة الموصل الأفقي نستخدم المعادلة التالية كما ذكرنا سلفا :

$$R = \frac{\rho}{P\pi L}\left[ln\left(\frac{2L^2}{wh}\right) + Q\right]$$

حيث أن :

R = المقاومة بالأوم

ρ = مقاومية التربة (أوم- متر) = 70.3

L = طول المكهر الشريطي أو الموصل المدفون أفقيا في الأرض = 25 متر تقريبا

w = عرض المكهر الشريطي أو قطرالموصل الدائري العادي الأفقية $120mm^2$ بالمتر = 0.017

h = عمق الدفن للمكاهر الأفقية = 0.5 متر

P = 2 و Q = 1.3 - من جدول (8-6)، (الترتيب للمكهر الأفقي غير قياسي حيث أخذت P كونه خط مستقيم وأخذت Q كونه خطان بزاوية 90 درجة ويمكن أن يتصرف المصمم بأسلوب آخر) .
بذلك تكون مقاومة المكهر الأفقي R_c :

$$R_c = \frac{70.3}{4\pi\ x25}\left[ln\left(\frac{2x25^2}{0.017\ x\ 0.5}\right) + 0.9\right] = 2.17\ \Omega$$

وتكون المقاومة المكافئة لمقاومة المكاهر العمودية الأربعة Rn مع مقاومة المكهرالأفقي Rc المربوطتان على التوازي

$$R' = \frac{1}{\frac{1}{R_n} + \frac{1}{R_c}} = \frac{1}{\frac{1}{7.15} + \frac{1}{2.17}} = 1.96\ \Omega$$

خطوة # 3 : حساب المقاومة لقضبان التأريض (المكاهر العمودية) الأربعة المربوطة مع بعضها بواسطة المكهر الأفقي والمتصلة جميعها بحديد التسليح للبناية

سبق وأن ذكرنا بأنه يوصى دائما بربط حديد التسليح لأية بناية مع منظومة الأرضي الخاصة بها ، وفي هذه الحالة يتم حساب مقاومة التأريض لحديد التسليح كما يلي :

$$R" = \frac{1}{2\pi L}\left[(\rho_c - \rho)ln\left(1 + \frac{\delta}{z}\right) + \rho\ \ln\ \left(\frac{2L}{z}\right)\right]$$

حيث أن :

R = المقاومة بالأوم
ρ = مقاومية التربة (أوم- متر)
L = طول المكهر الشريطي أو الموصل المدفون أفقيا في الأرض
σ= سمك الاسمنت (الكونكريت) بين حديد التسليح والتربة (متر)
ρ_c = مقاومية الكونكريت (أوم- متر) = 200 (أوم- متر)

من الجدول (8-7) نجد قيمة z من المعادلة

$$z = \sqrt[8]{23\ a\ s^7}$$

بما أن : s = 0.03m, a = 0.008m تكون قيمة z ،

z = 0.045m

لذا فإن ،

$$R" = \frac{1}{2x3.14x1.2}\left[(200-70.3)ln\left(1+\frac{0.2}{0.045}\right)+70.3\ \ln\ \left(\frac{2x1.2}{0.045}\right)\right]$$
$$= 14.38\ \Omega$$

وتكون مقاومة التأريض الكلية لمنظومة التأريض للبناية :

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R'}+\frac{1}{R"}} = \frac{1}{\frac{1}{1.96}+\frac{1}{14.38}} = 1.72\ \Omega$$

وهي قيمة مقبولة جدا حيث أن مقاومة التأريض يجب أن تتراوح بين 2 أوم إلى 4 أوم للأبنية .

6-8 دليل إختيار حجم سلك التأريض لتراكيب الإنارة والمآخذ والمحركات الكهربائية

تعطي القياسات الدولية دليلا سريعا لإختيار حجم سلك التأريض لتراكيب الإنارة والمآخذ والمحركات الكهربائية كما يأتي:

- إذا كان السلك المغذي لتراكيب الإنارة ذي مقطع عرضي مقداره أقل من أو مساوي الى 16 ملمتر مربع فإن المقطع العرضي لسلك التأريض يكون بقدر السلك المغذي نفسه.أما القياسات البريطانية فتسمح باستخدام مقاطع لسلك التأريض أصغر من ذلك (راجع المواصفة BS7671:2001) فمثلاً:

4 ملم^2 سلك تأريض لسلك مغذي مقطعه 6 ملم^2
2.5 ملم^2 سلك تأريض لسلك مغذي مقطعه 4 ملم^2

- إذا كان السلك المغذي لتراكيب الإنارة ذي مقطع عرضي مقداره أكبرمن 16 ملمتر مربع وأقل من 35 ملمتر مربع أو مساويا له فإن المقطع العرضي لسلك التأريض يكون 16 ملمتر مربع .
- إذا كان السلك المغذي لتراكيب الإنارة ذي مقطع عرضي مقداره أكبرمن 35ملمتر مربع فإن المقطع العرضي لسلك التأريض يكون بقدر السلك المغذي نفسه مقسوم على إثنين.

ويوضح الجدول (8-8) ملخصا للنقاط الواردة في أعلاه .

الجدول (8-8) .

المقطع العرضي لموصل (سلك) الطور المغذي للتركيب أو المحرك A (mm^2)	**أقل مساحة المقطع العرضي لسلك التأريض A_E (mm^2)**
$A \leq 16$	A
$16 < A \leq 35$	16
$A > 35$	A/2

7-8 دليل إختيار حجوم أسلاك التأريض للمنظومات ذات فولتية 600 فولت فما دون.

لمنظومات فولتية 600 فولت فما دون ، يتم إختيار حجم سلك التأريض لخزانات المحولات ونقطة المحايد للمحولات وكذلك لوحات التوزيع للفولتية المنخفضة وعدد قضبان التأريض (المكاهر)على أساس تقنين التيارلجهاز الحماية المستخدم لحماية الدائرة وموصلاتها ضد تجاوز التيار Overcurrent . ويعطي الجدول (8-9) هذه المعلومات التي يستخدمها المصممون وخاصة في بريطانيا لحساب عدد قضبان التأريض ومقاطع اسلاك التأريض الرئيسية .

الجدول(8-9) أقل حجم سلك تأريض للمعدات والأجهزة .

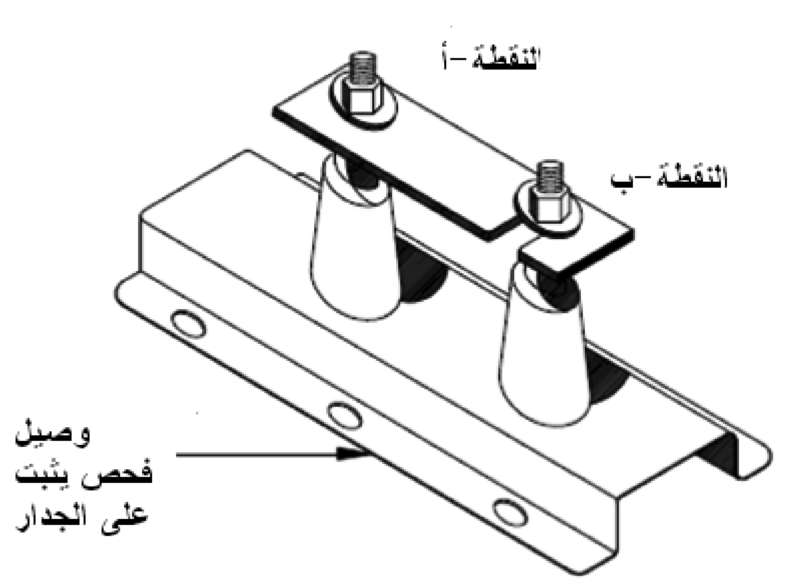
مقرر قاطع الدورة الرئيسي (أمبير)	أقل عدد لقضبان التأريض (المكاهر)	أقل مقطع للسلك الأرضي الرئيسي (ملمتر مربع)
60/100	1	**16**
200	1	**50**
300	1	**50**
400	1	**70**
500	2	**70**
600	2	**70**
800	2	**70**
1000	2	**70**
1600	2	**70**
2000	2	**150**
2500	2	**150**

ملاحظة : أقطار قضبان التأريض القياسية : 9 ملمتر ، 12.5 ملمتر أو 15 ملمتر للحديد الصلب المطلي بالنحاس copper-clad steel أو 16 **ملمتر** للحديد الصلب المقاوم للصدأ stainless steel . أما أطوالها القياسية فتكون 1.2 أو 1.5 متراً (راجع المواصفة البريطانية BS 7430) .

8-8 نقاط الفحص

تتألف نقاط الفحص من شريط نحاسي صغير يثبت على عازلين خزفيين مثبتين على قاعدة حديدية وتثبت الأخيرة على الجدار في أماكن مختارة تكون عادة قرب لوحات التوزيع الرئيسة أو في غرف الكهرباء ، أنظر الشكل (8- 20). ويتصل الطرف العلوي لنقطة الفحص بالموصلات الأرضية التي تتصل بلوحات التوزيع والأجهزة المؤرضة في البناية ، أما الطرف الأسفل فيتصل بمنظومة التأريض والقضبان المدفونة في الأرض . ويتم قياس مقاومة التأريض للمنظومة من خلال فصل الشريط النحاسي بين

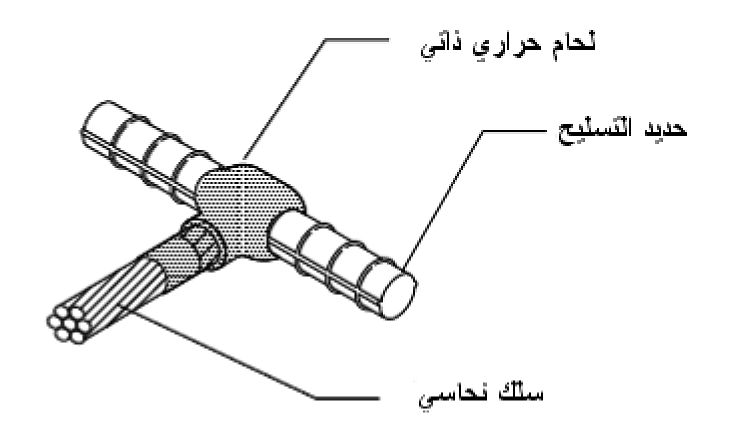
النقطتين أ و ب في الشكل بين حين وآخر للتأكد من قيمة مقاومة التأريض الملائمة التي تكون قيمتها عادة بين 1 الى 4 أوم .



الشكل (8- 20) نقطة فحص نموذجية لمنظومة التأريض تثبت على الجدار .

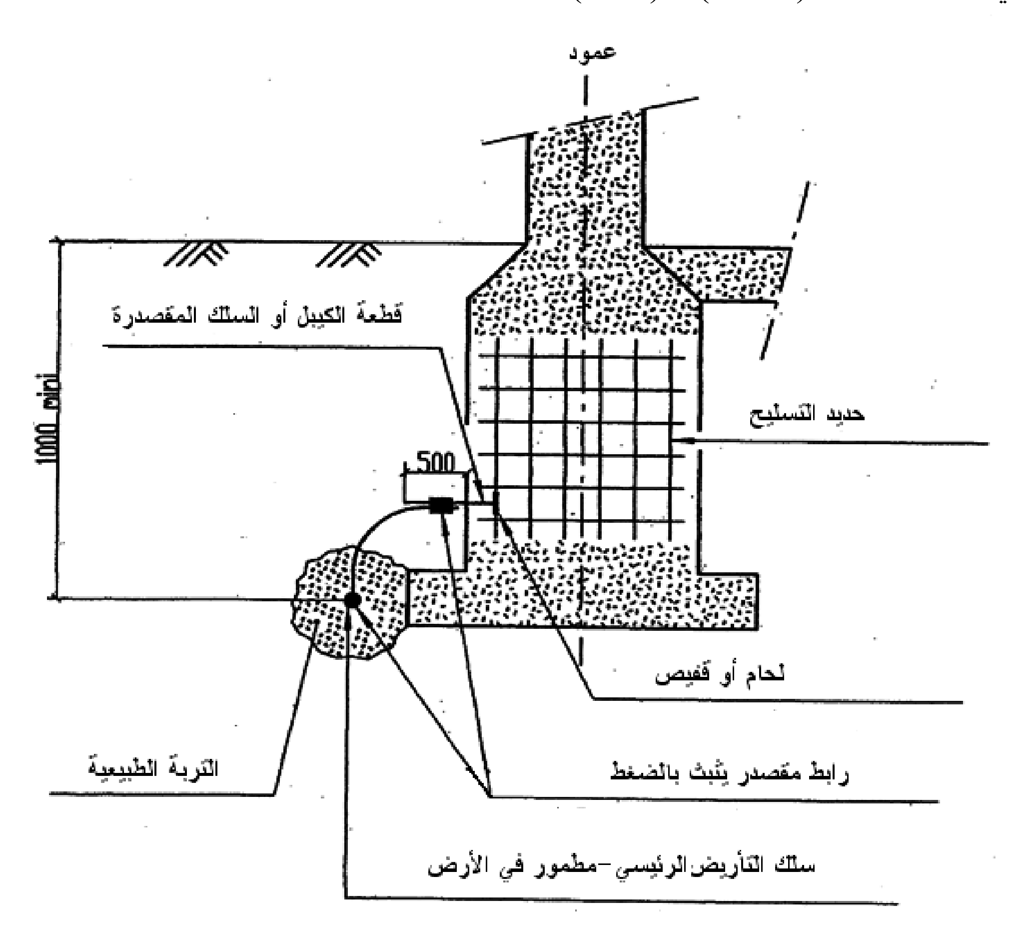
9-8 تأريض الأسس والقواعد الكونكريتية للأبنية

لغرض الحصول على مقاومة تأريض منخفضة وكذلك لوقاية البناية من ضربات الصواعق بجعل الجهد في أعلى نقطة فيها متساويا مع أوطأ نقطة ، يتم في أغلب الحالات ربط شبكة تسليح الخرسانة المسلحة (الكونكريت) في قواعد البناية وأعمدتها بمنظومة التأريض للبناية . وتربط أسلاك منظومة التأريض النحاسية بحديد التسليح مباشرة ومن عدة نقاط بإستخدام طريقة اللحام الحراري الذاتي(الأكزوثيرمي)، أو بالكادويلد Cadweld ويبين الشكل (8- 21) إسلوب الربط .

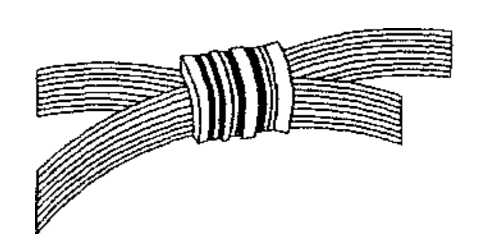


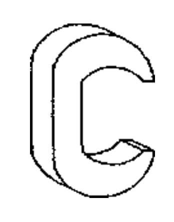
الشكل (8- 21) أسلوب الربط بين حديد التسليح وأسلاك التأريض النحاسية .

وقد يتم لحام قطعة من النحاس المقصدر الى حديد التسليح بطريقة تسمى (Brazing) ثم تربط هذه القطعة الى الموصلات الأرضية بواسطة قفائص نحاسية مقصدرة على شكل حرف C تعقص بالضغط الميكانيكي، أنظر الشكلين (8- 22) و (8-23) .



الشكل (8- 22) ربط عمود بناية كونكريتي للأرضي الرئيسي .





القفيص على شكل حرف C

ربط موصلين أرضيين بالقفيص

الشكل (8- 23) قفيص التثبيت .

8-10 تصميم منظومة أرضي عامة

من المفيد أن نذكر أن معظم المهندسيين المصممين تنقصهم الخبرة العملية والنظرية في مجال تأريض المباني والمعدات . وكثير منهم لايعير إهتماما كبيرا للتصاميم الخاصة بها ، ويعتمد في تصاميمه تصاميم سابقة تعلمها من زملائه (تقليد التصاميم) ، ويعتبر هذا الموضوع ثانويا بالنسبة الى التصاميم الأخرى . وقد يرى البعض أن الموضوع سهل جدا وهو مجرد غرز قضيب نحاس في الأرض وتوصيله الى لوحة التوزيع الرئيسية في البناية . ولا يفرق تماما بين تأريض المعدات وتأريض منظومة التغذية الرئيسية System earthing &Equipment earthing.

ولأجل مساعدة المهندسين بصورة عامة سوف نستعرض تصميما لمنظومة تأريض عامة تفيد في تأريض الأبنية ومحايد المحولات كليهما، وهي بسيطة التركيب وتصنع محليا حيث تم إستخدامها في مشاريع كثيرة ، صغيرة وكبيرة لمدة أكثر من عشرين عاما وأثبتت فاعليتها ، وهي من إحدى تصاميم مؤلف الكتاب . هذه المنظومة مبينة مبدئيا في الشكل (8- 24) وتتكون مما يأتي :

- بئر التأريض (مشار اليه بالرقم 1 وموضح تخطيطيا في الشكل (8-24) : يتألف بئر التأريض من إنبوب مصنوع من الحديد أو الصلب المغلفن Galvanized steel طوله 50 سنتمتروقطره الداخلى 32 سنتمتر تقريبا ولايهم سمك الأنبوب في هذه الحالة .

يلحم في داخل الأنبوب أذنان من الحديد على جهتين متقابلتين وعلى بعد 20 سنتمتر من مستوى سطح الأرض الطبيعية وتثقب الأذنين لغرض تثبيت مسطرة من النحاس بينهما ،لاحظ التفصيلين A&B المبينين في الشكلين (8-24) و (8-26) .

يتم تثبيت مسطرة النحاس ذات سمك مناسب لايقل عن 3 ملمتر بين الأذنين المذكورتين وتثقب هذه المسطرة بسبعة ثقوب قطر الواحد الثقب الواحد 11 ملمتر وكما مبين في التفصيل رقم 2 الشكل (8–27). ويدفن الأنبوب الحديد داخل الأرض ويحاط بخلطة من الأسمنت (تحشية) ، لاحظ الشكل (8-25)، ويوضع فوق الأنبوب غطاء حفرة تفتيش Manhole cover من أي نوع بأبعاد 45 x 45 سنتمتر تقريبا كما موضح في الشكل نفسه .

- قضبان التأريض (المكاهر) : تستخدم ثلاثة قضبان مصنوعة من النحاس عالي النقاوة أو من الحديد الصلب المطلي بالنحاس Copper-clad steel أو من الحديد الصلب المقاوم للصدأ Stainless steel بقطر 16 ملمتر وبطول 2.5 متر تقريبا وتدفن هذه الأنابيب في الأرض بطريقة الدق بصورة شاقولية وتكون نهايتها العليا على بعد 80 سنتمتر من مستوى الأرض الطبيعية . ويتم وضع هذه القضبان بحيث تشكل رؤس مثلث متساوي الأضلاع طول ضلعه 3 متر أي بقدر طول القضيب ، لاحظ الشكل(8-28) .

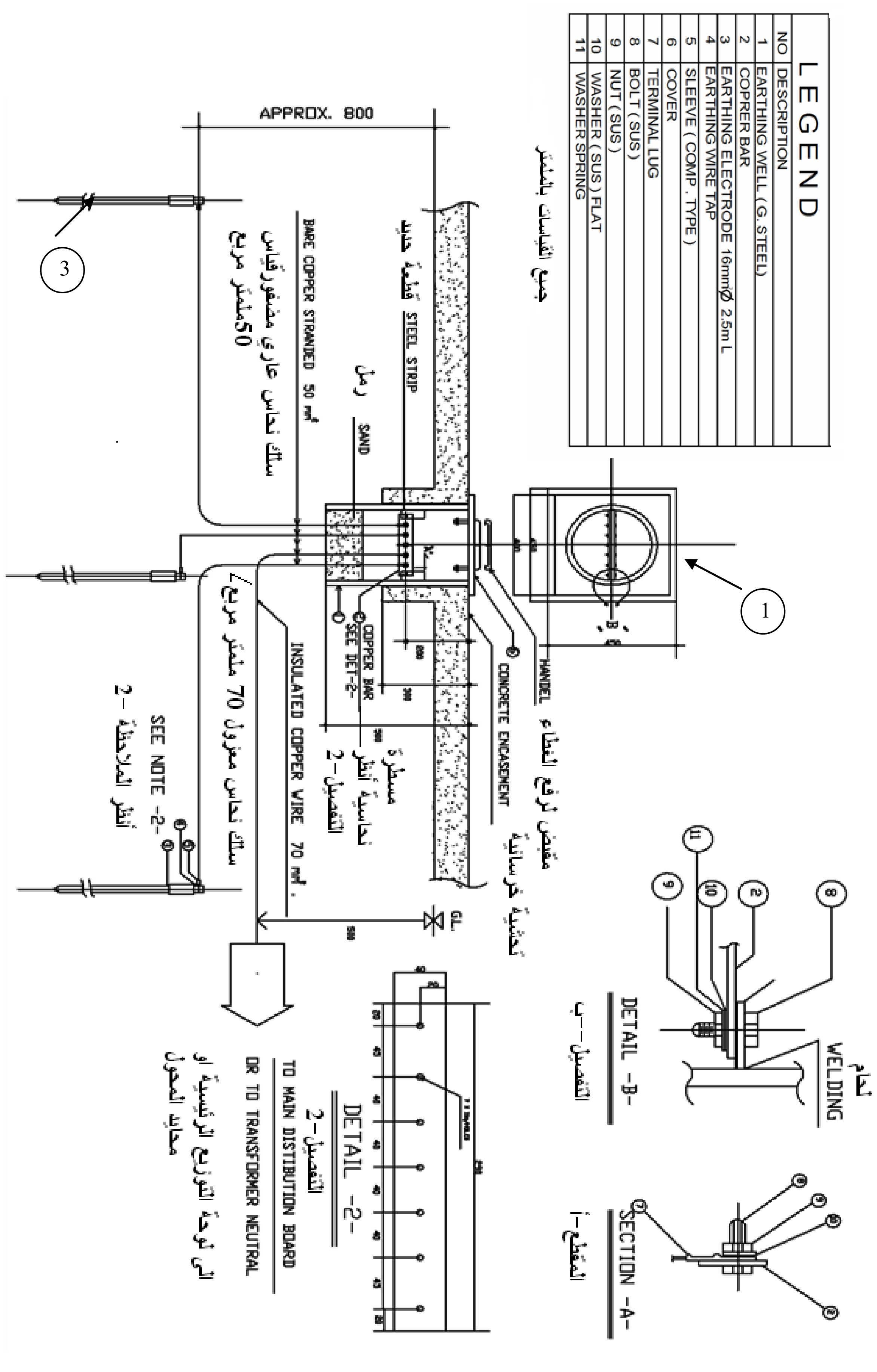
- أسلاك التأريض وتكون على نوعين :

  - أسلاك عارية غير معزولة قياس 50 ملم2 تربط بين المسطرة النحاسية في بئر التأريض وقضبان التأريض النحاسية الثلاثة بصورة مستقلة الواحد عن الآخر كما موضحة في الشكل (8-24).
  - سلك نحاس معزول بمادة كلوريد متعدد الفينيل PVC قياس 70 ملم2 يربط بين المسطرة النحاسية داخل البئر وقضيب التأريض Earthing bus bar في لوحة التوزيع الرئيسة داخل البناية أو محايد المحولات إذا استخدمت هذه المنظومة لتأريض نقطة محايد المحول Transformer neutral .

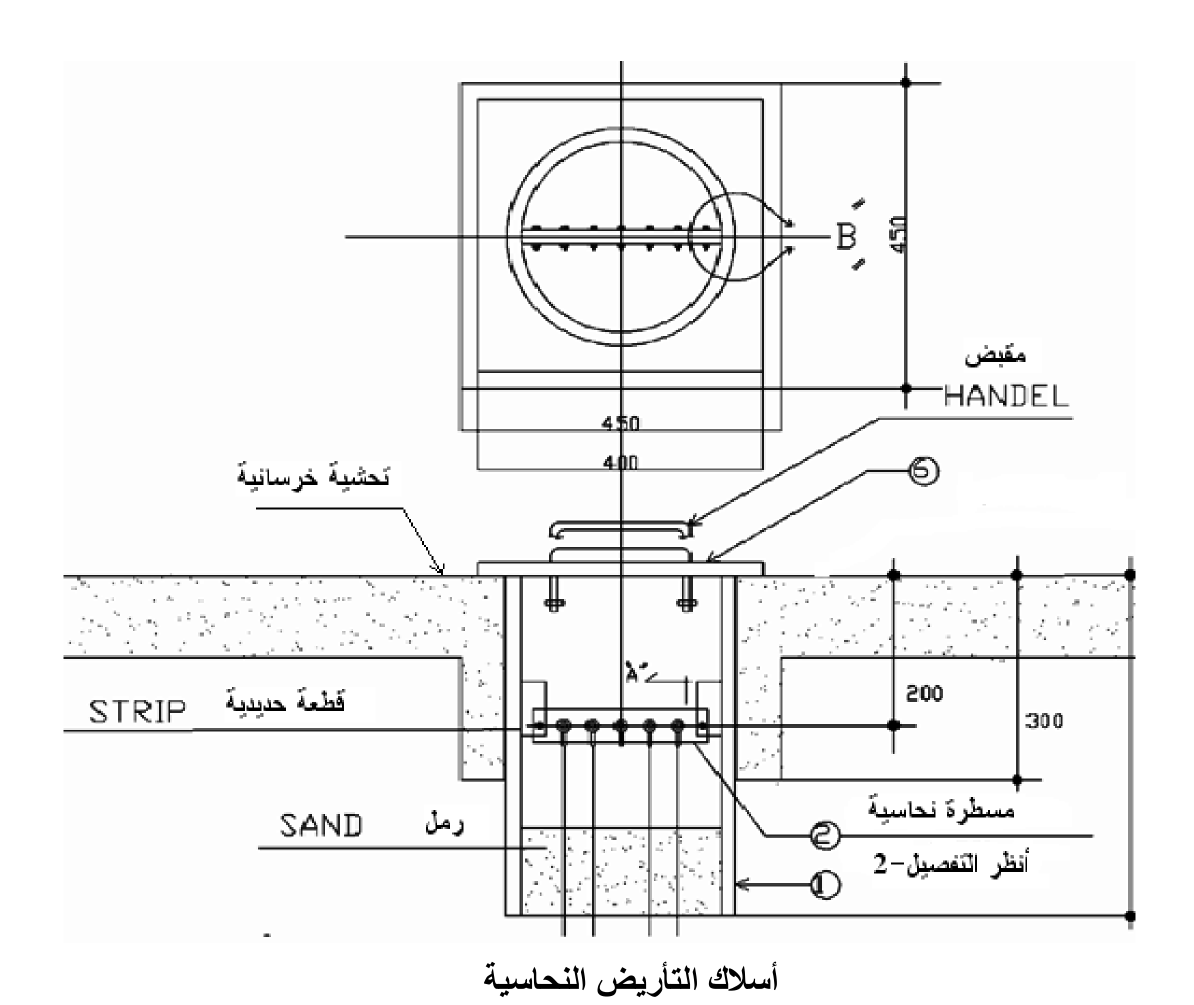
- تترك فتحات إحتياط على المسطرة النحاسية لغرض الربط المستقبلي بينها وبين بئر تأريض آخر قد تقتضي الحاجة لإنشاءه لغرض تقليل المقاومة.

11-8 الربط المتساوي الجهد في البناية Equipotential Bonding

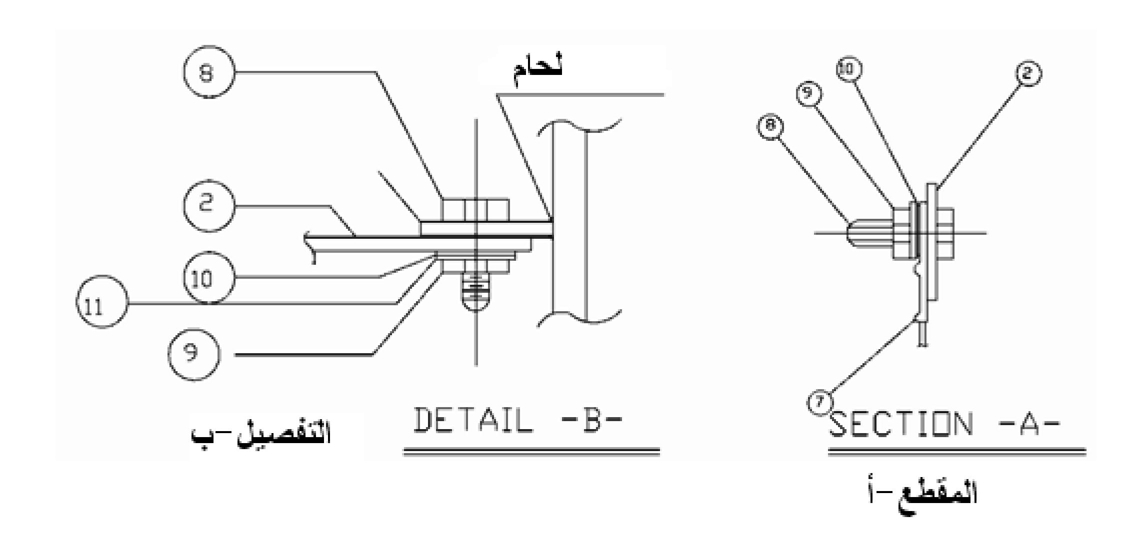
ان الهدف من الربط متساوي الجهد في البناية هو حماية الأشخاص والمعدات من المخاطر الناجمة عن تأثير الأعطال الأرضية الحاصلة في الشبكة الرئيسية للتغذية حيث انه في أغلب الأحيان تظهر فولتية العطل على طرف التأريض الرئيسي للبناية MET كذلك قد تظهر على جميع الأجزاء المعدنية المكشوفة والموصلة للتيار في البناية غير الداخلة في منظومة التأريض مثل أنابيب المياه وأنابيب الغاز وغيرها. عليه يتم ربط كل الأجزاء المعدنية في البناية من أنابيب المياه وأنابيب الغاز وحديد التسليح وأجسام لوحات التوزيع للفوتية العالية والمنخفضة وكذلك الهياكل الحديدية والموصلات الهابطة لمنظومة الحماية من الصواعق ......الخ ، ويبين الشكل (8-29) مخططا عاما لما يستوجب تأريضه من الأجهزة والمعدات ضمن تصاميم تأريض الأبنية وربطها إلى منظومة تأريض البناية بموجب المواصفات الدولية IEC . كذلك تبين النماذج من نموذج رقم (1) الى رقم (15) أساليب تأريض بعض المعدات والأنظمة الكهربائية لفائدة المهندسين المصممين .



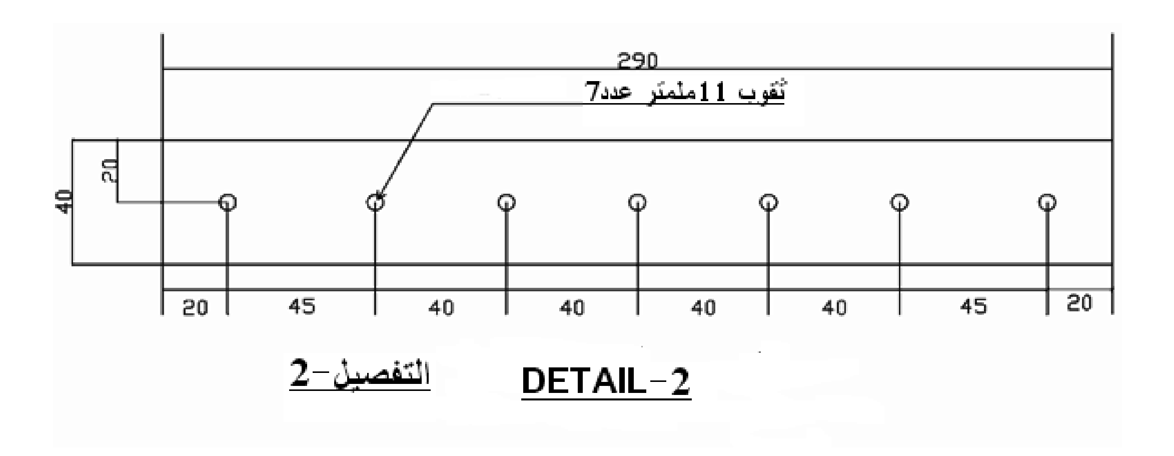
الشكل (8-24) منظومة تأريض عامة .



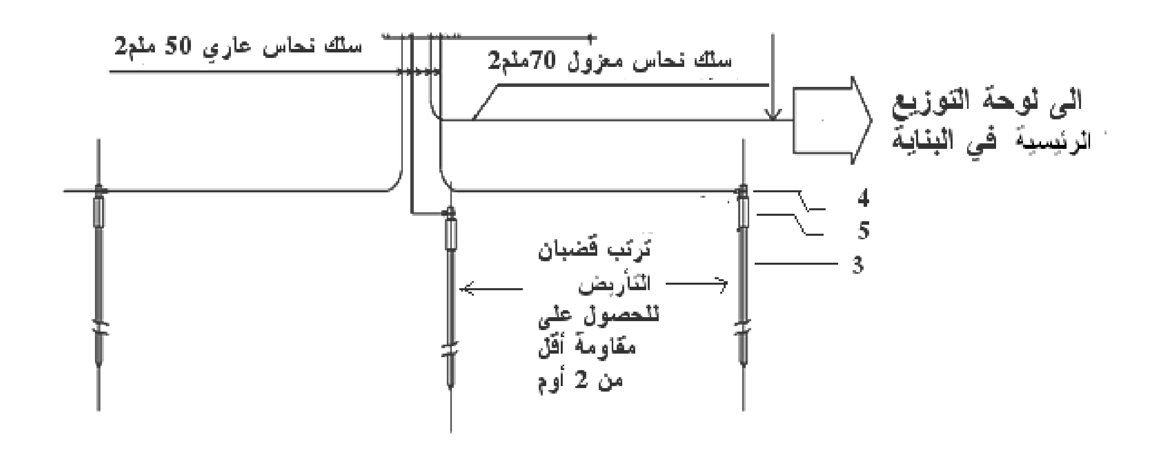
الشكل (8-25) تفاصيل بئر التأريض .



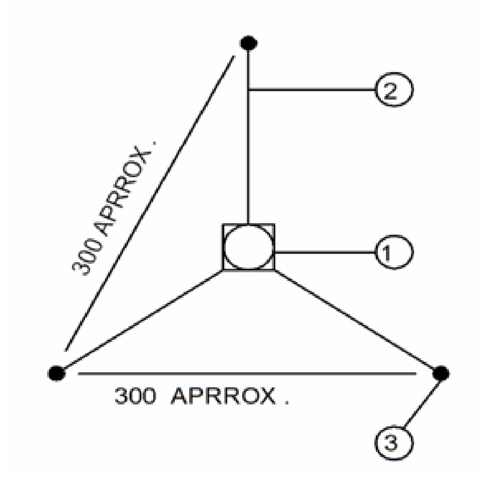
الشكل (8- 26) تفاصيل أذني تثبيت المسطرة النحاسية .



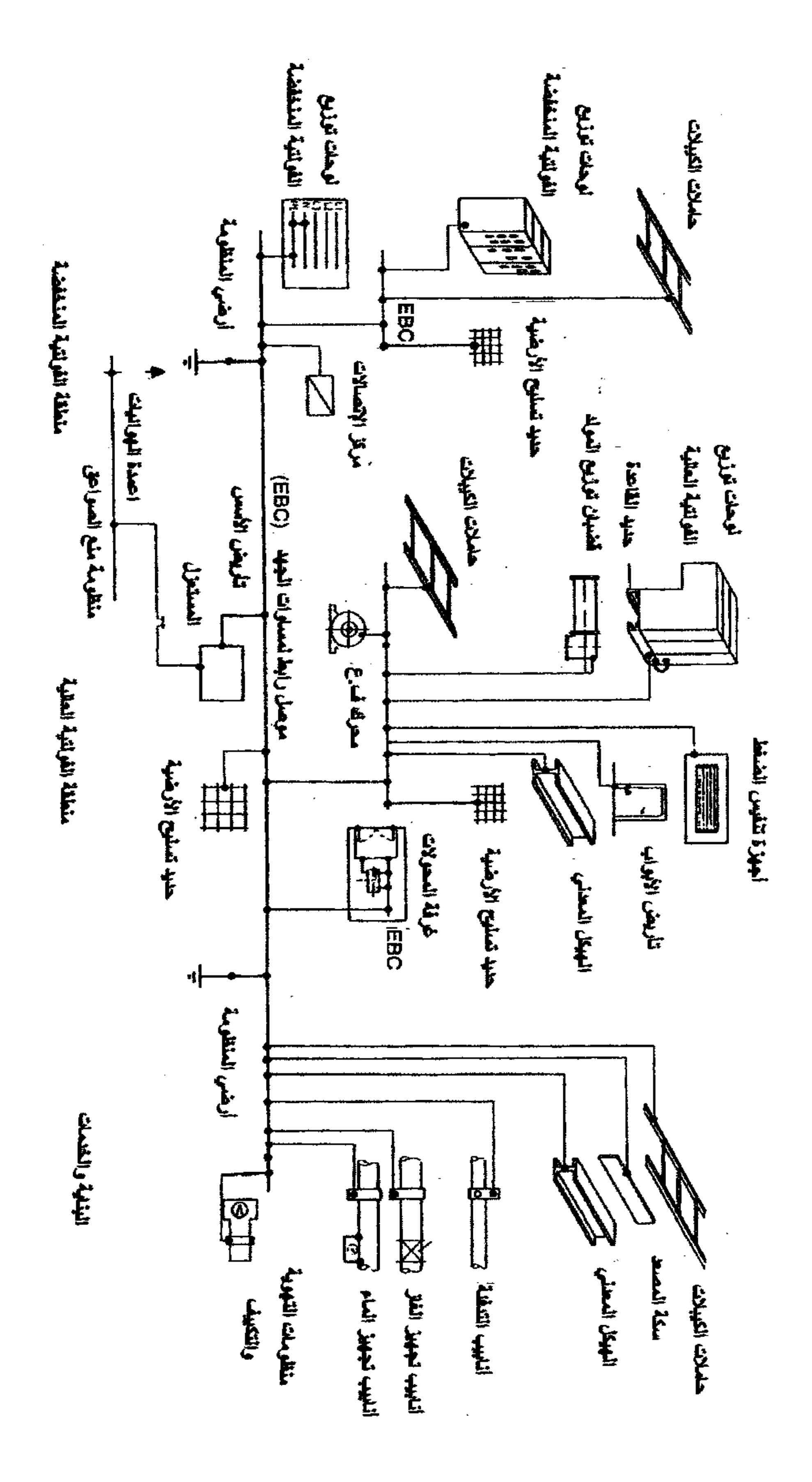
الشكل (8-27) تفاصيل المسطرة النحاسية .



ترتيب قضبان التأريض

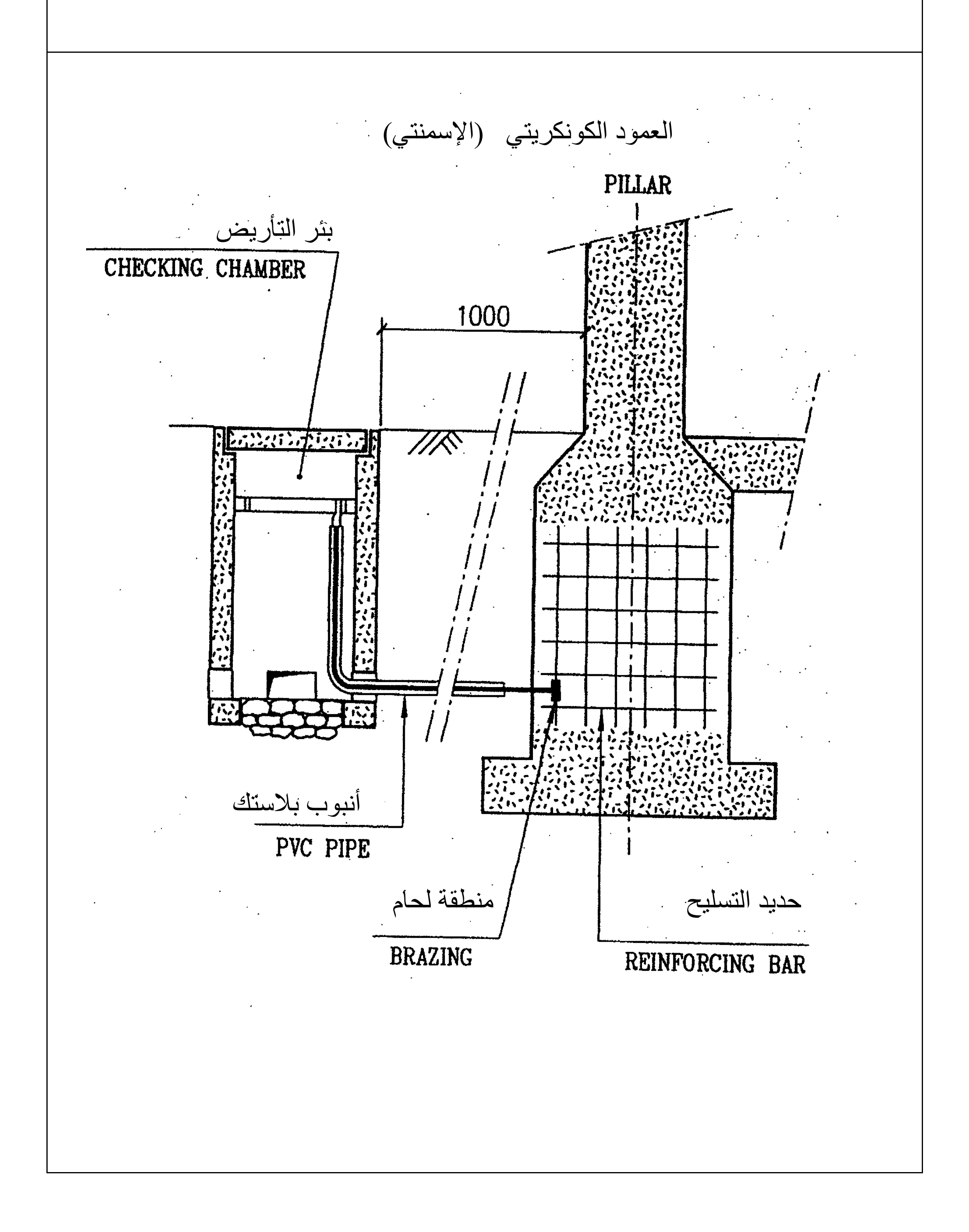


الشكل (8-28) قضبان التأريض وأسلاك التأريض (الموصلات النحاسية).

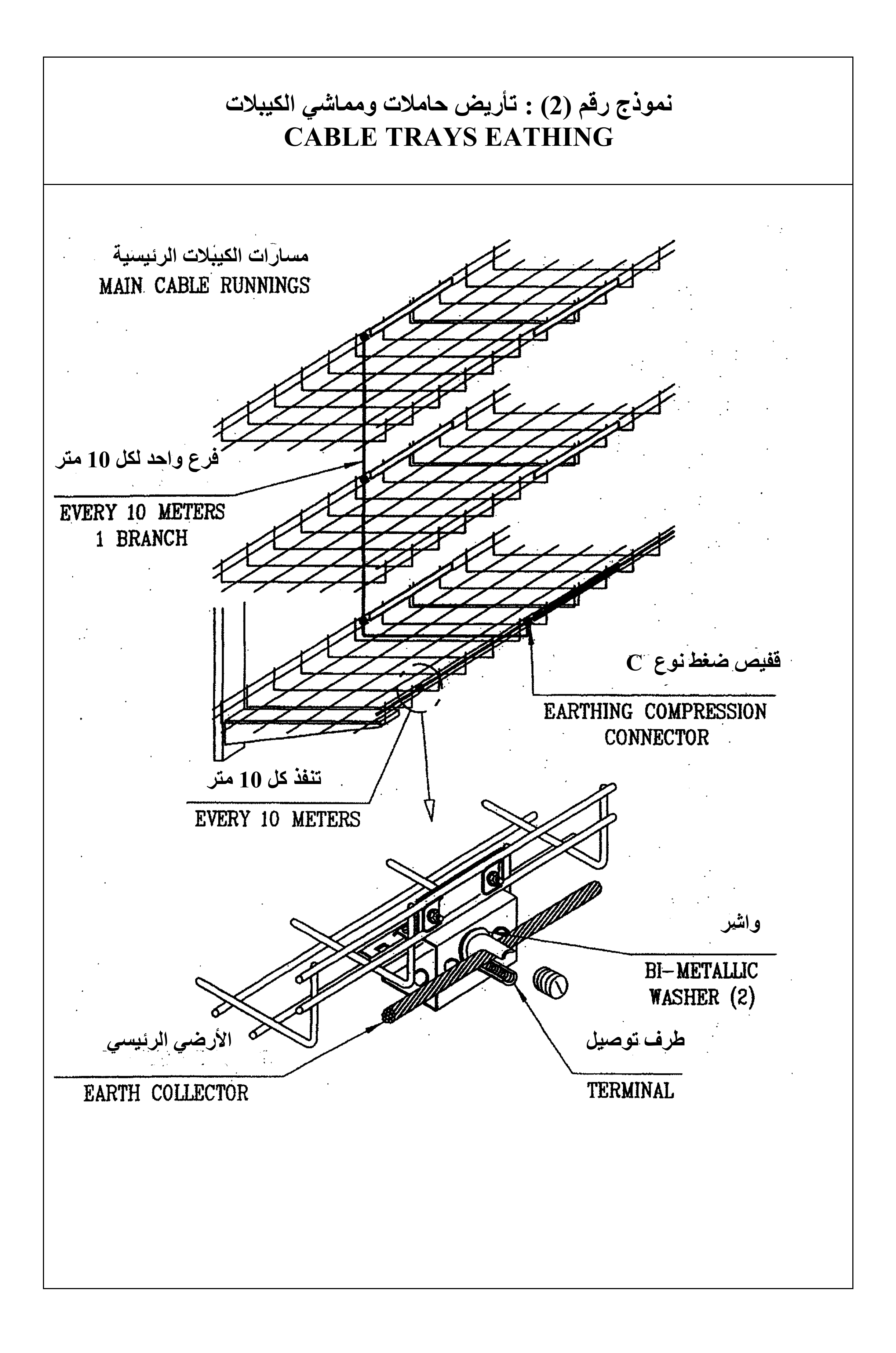


الشكل (8-29) منظومة تأريض ذات ارتباط بيني Inter connection لتحقيق تساوي في الجهد لعموم البناية وبين معدات الفولتية المنخفضة والفولتية العالية والأجهزة الخدمية الأخرى للبناية.

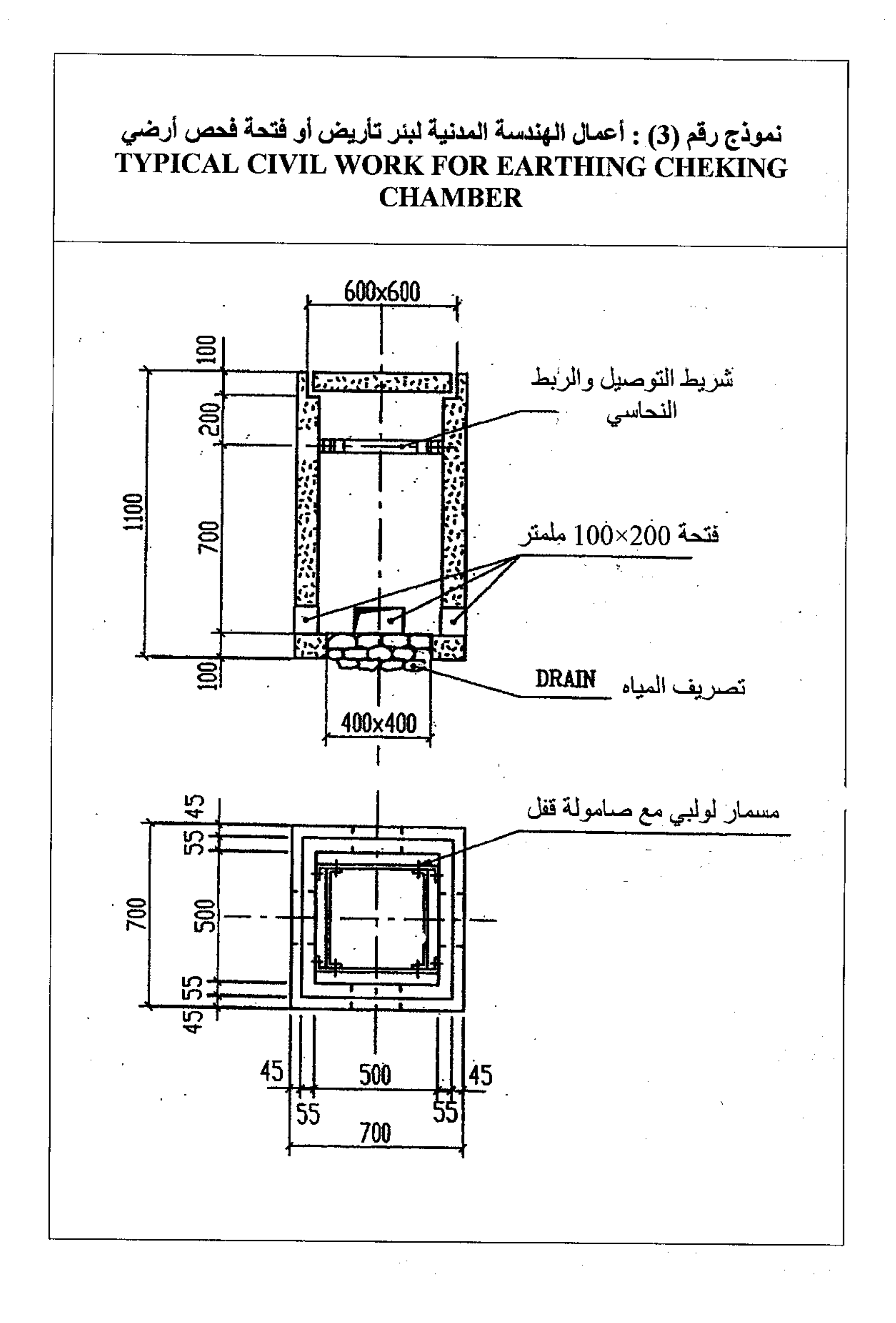
نموذج رقم (1) : تأريض حديد التسليح للأبنية بواسطة بئر التأريض
STEEL REINFORCING BAR EARTHING



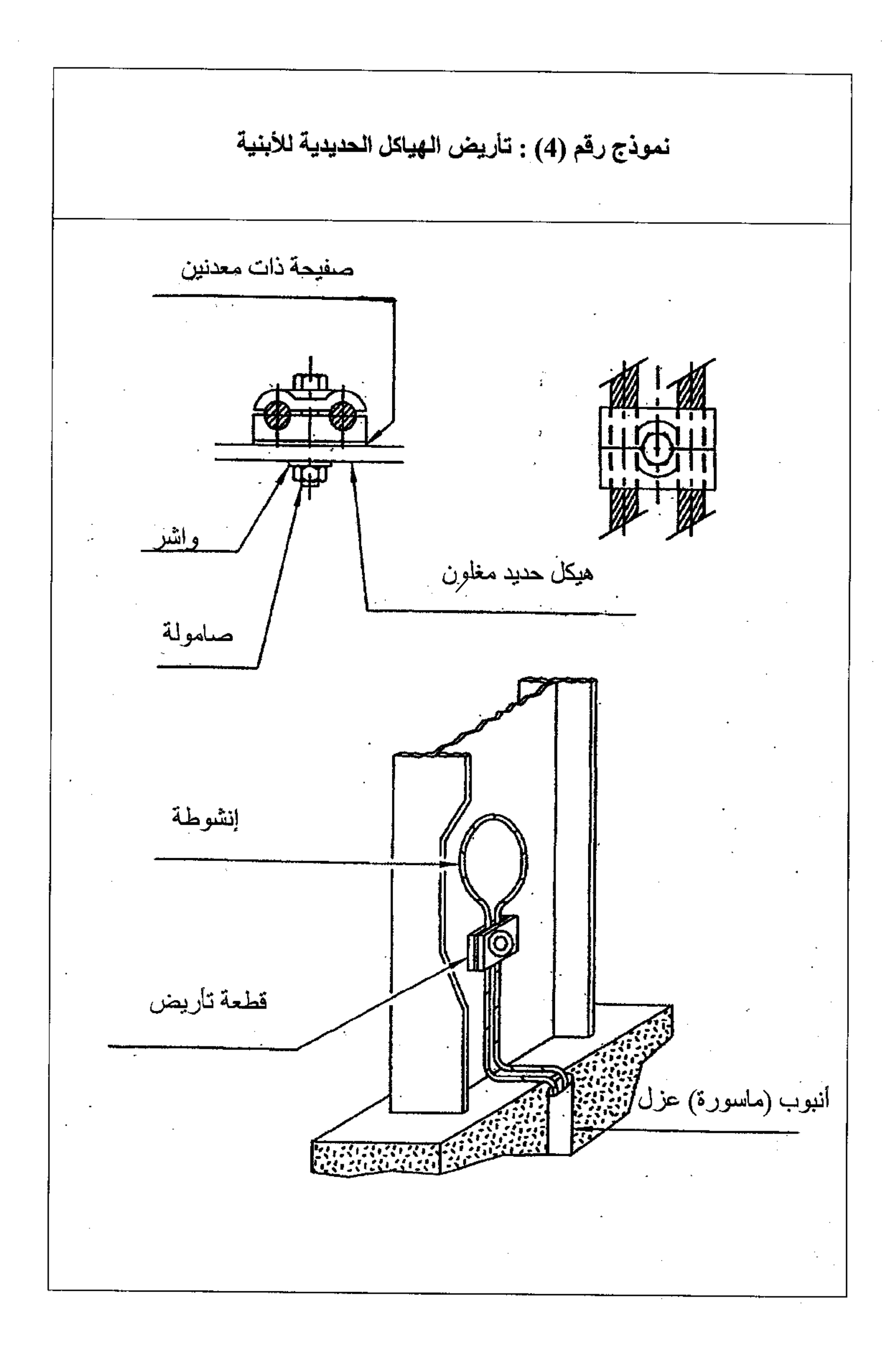
نموذج رقم (2) : تأريض حاملات ومماشي الكيبلات
CABLE TRAYS EATHING



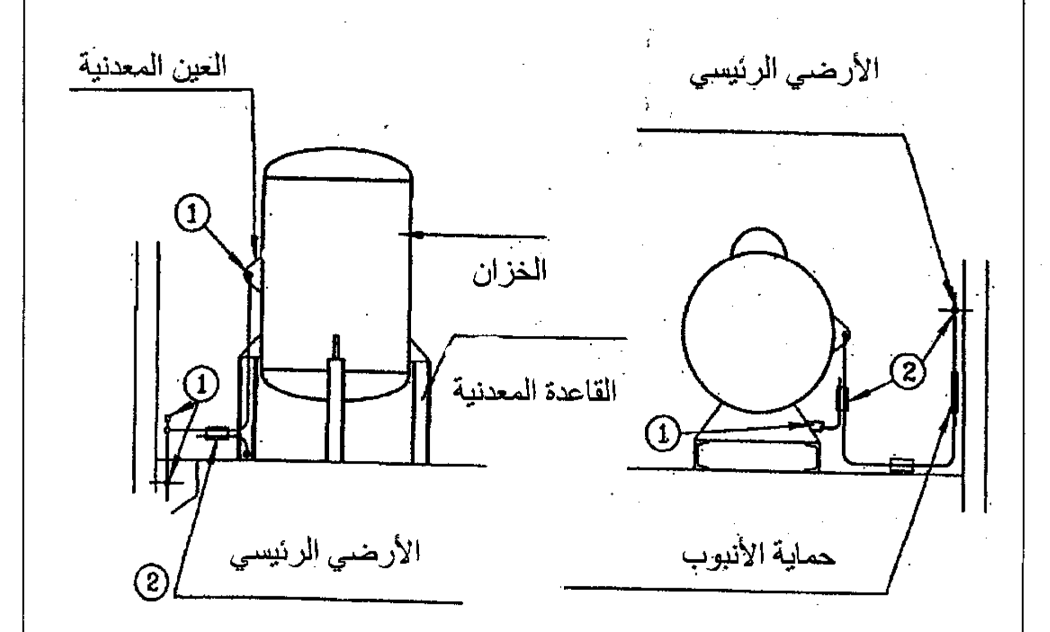
نموذج رقم (3) : أعمال الهندسة المدنية لبئر تأريض أو فتحة فحص أرضي
TYPICAL CIVIL WORK FOR EARTHING CHEKING CHAMBER



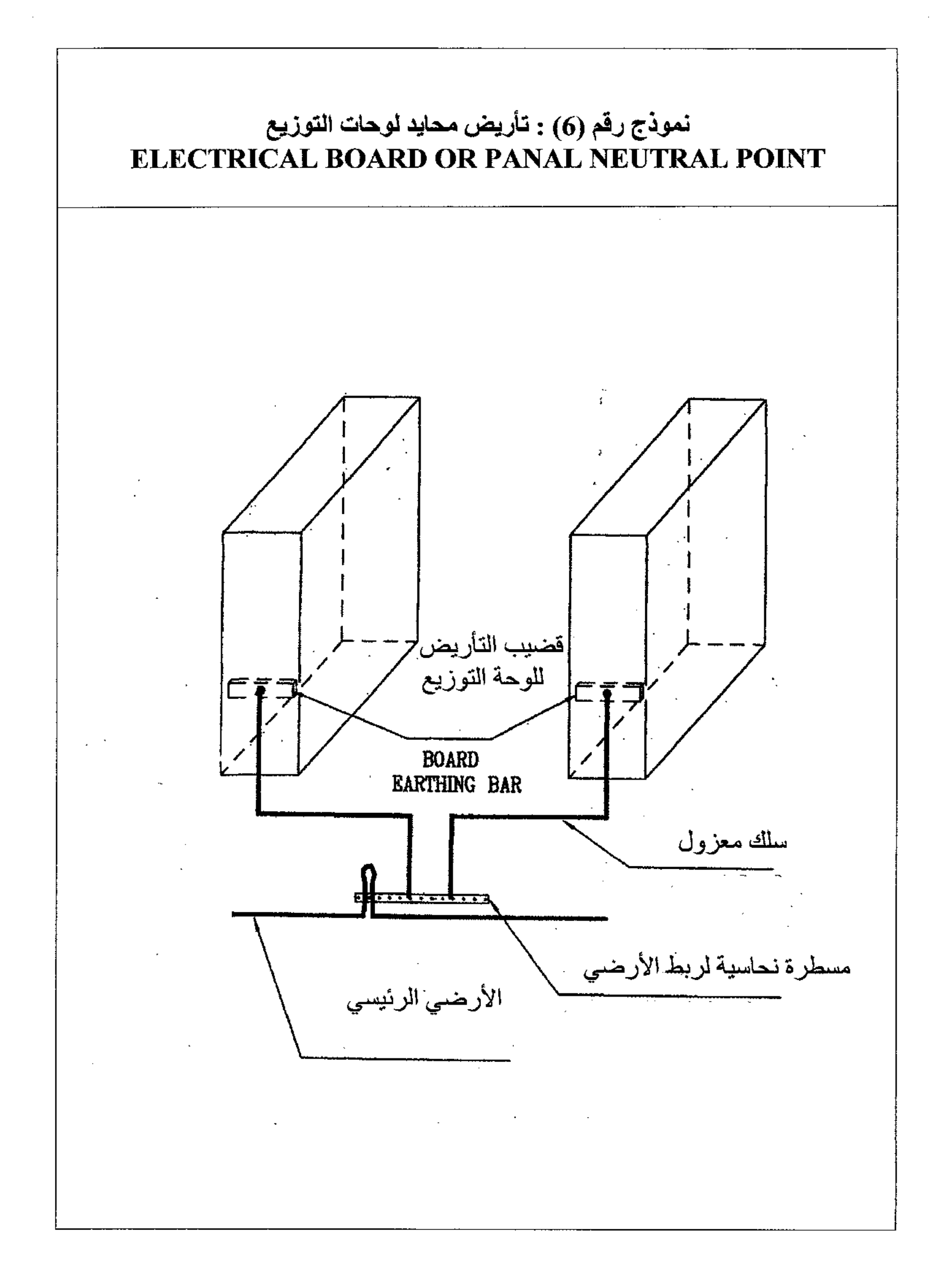
نموذج رقم (4) : تأريض الهياكل الحديدية للأبنية



نموذج رقم (5) : تأريض الخزانات الحديدية
TANKS EARTHING

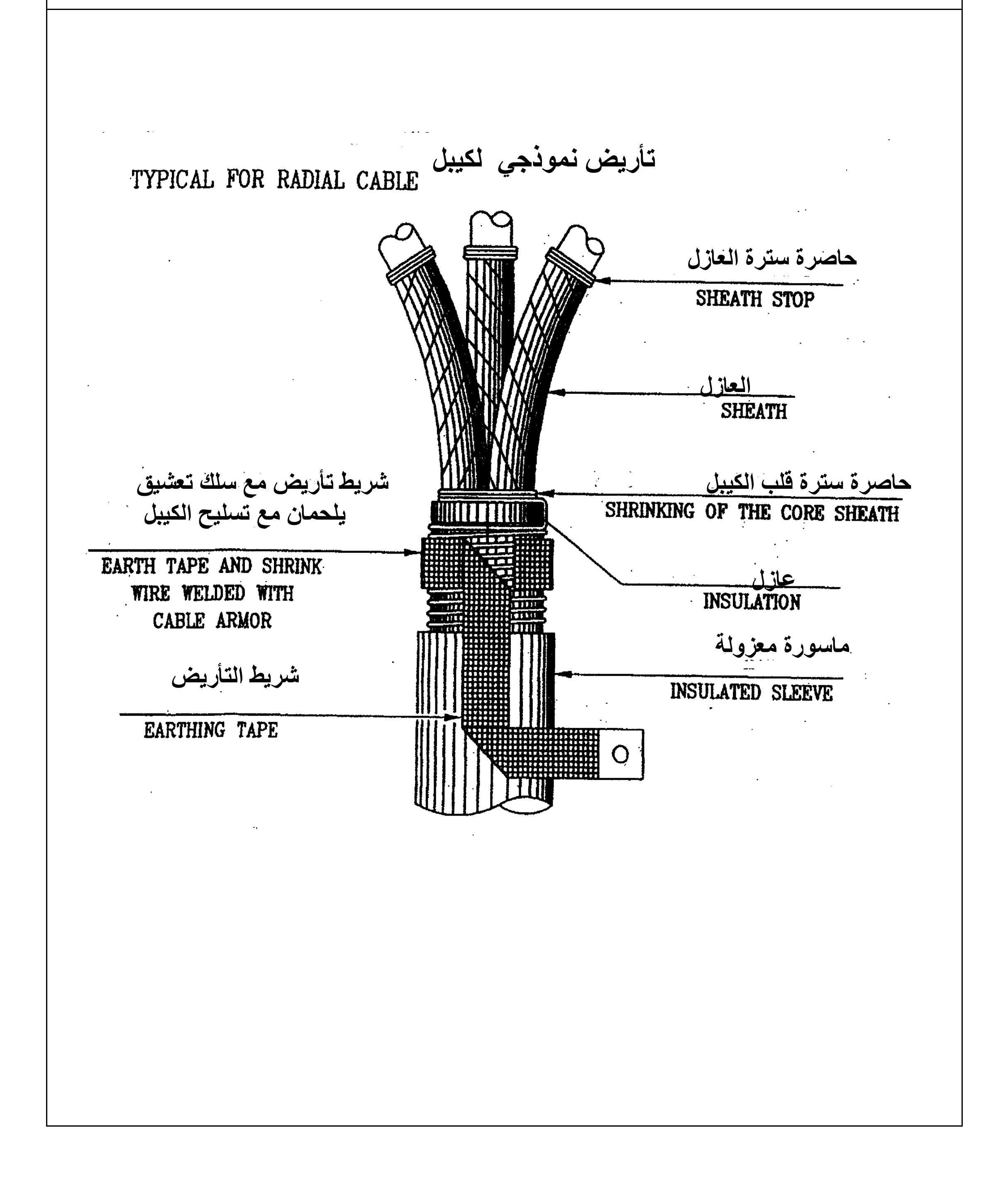


ملاحظة :
لخزانات الوقود والغاز يتم تأريضها من الجهتين وليس من جهة واحدة فقط.

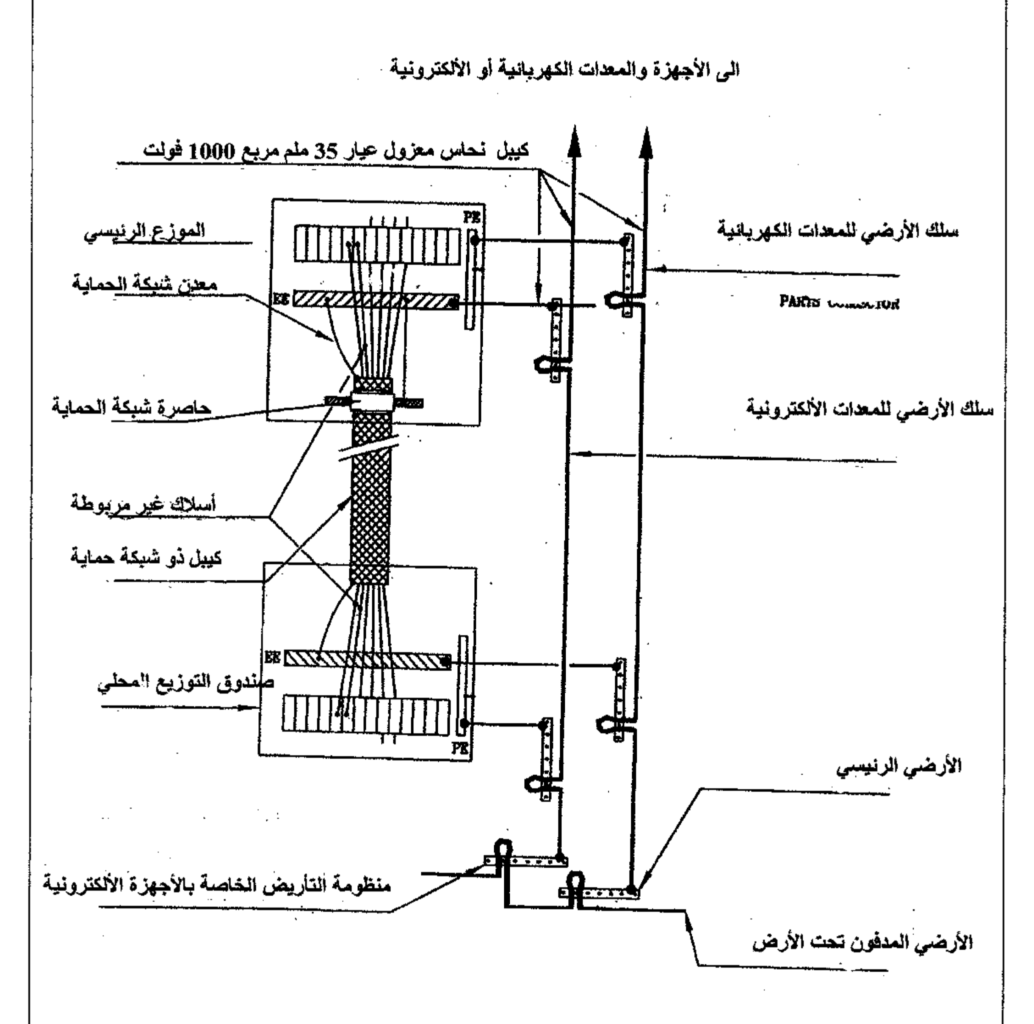


نموذج رقم (6) : تأريض محايد لوحات التوزيع
ELECTRICAL BOARD OR PANAL NEUTRAL POINT

نموذج رقم (7) : تأريض الكيبل المسلح
CABLE EARTHING



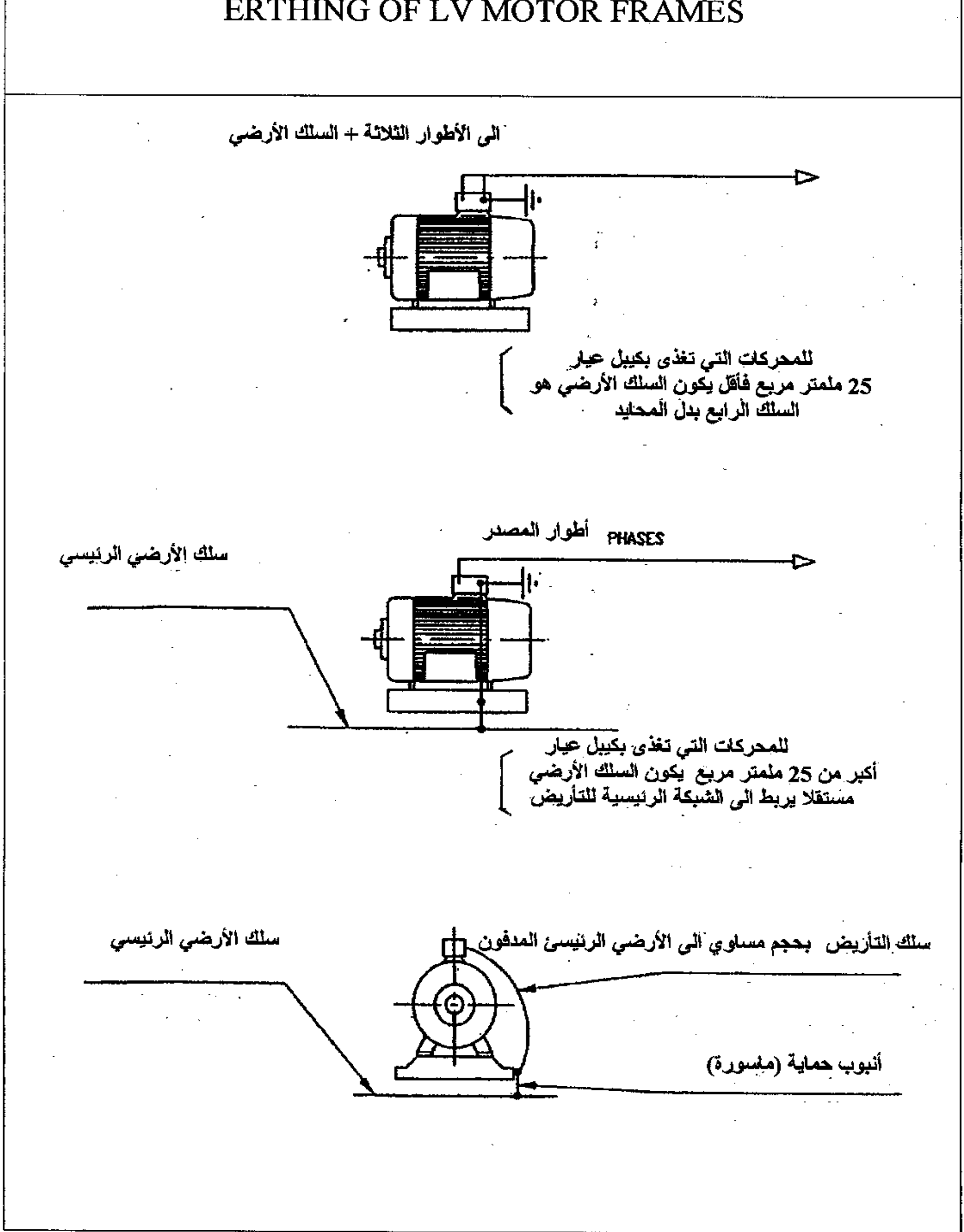
نموذج رقم (8) : تأريض المنظومات الألكترونية أو الكهربائية
EARTHING OF ELECTRIC AND OR ELECTRONIC SYSTEMS

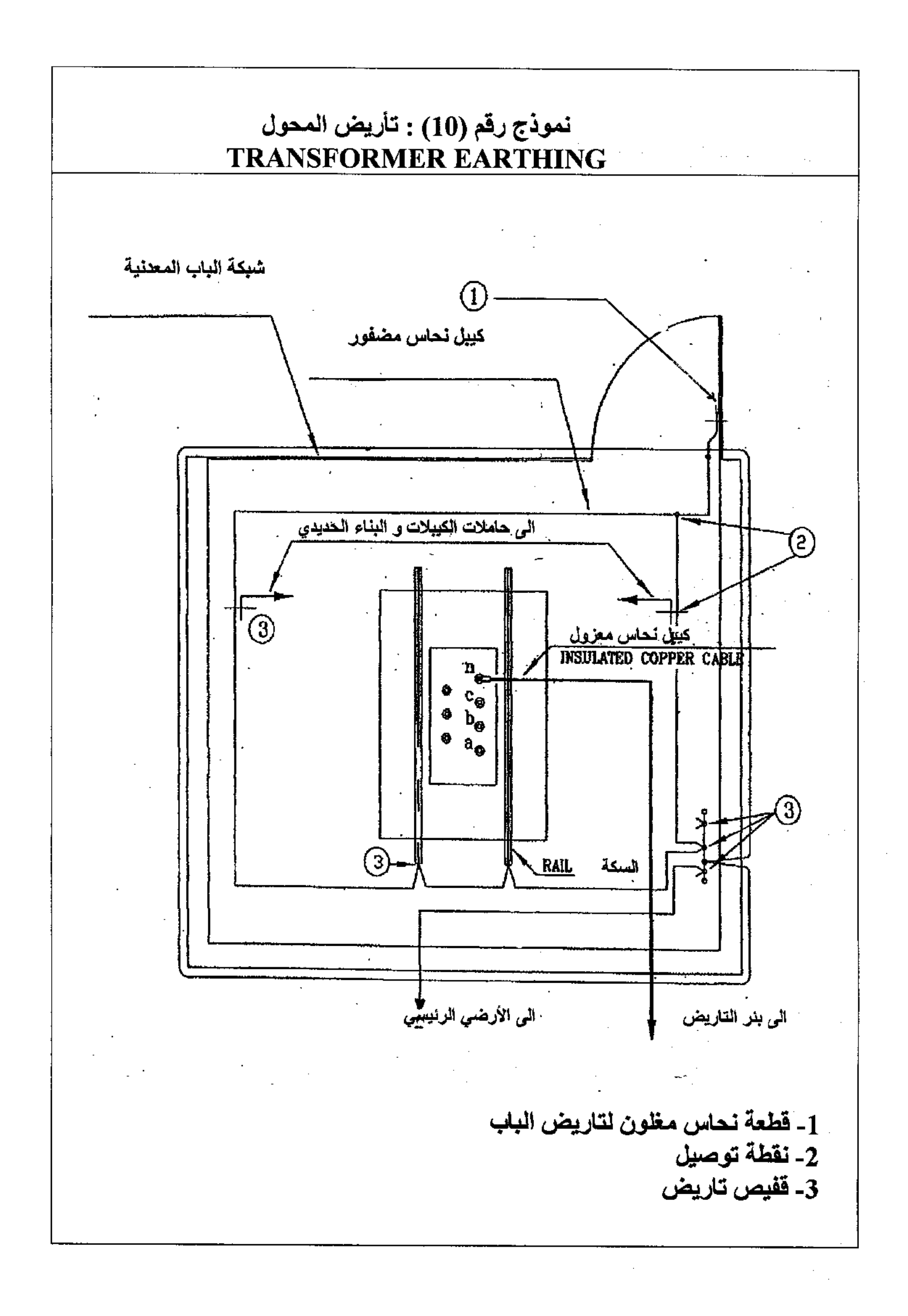


ملاحظة :

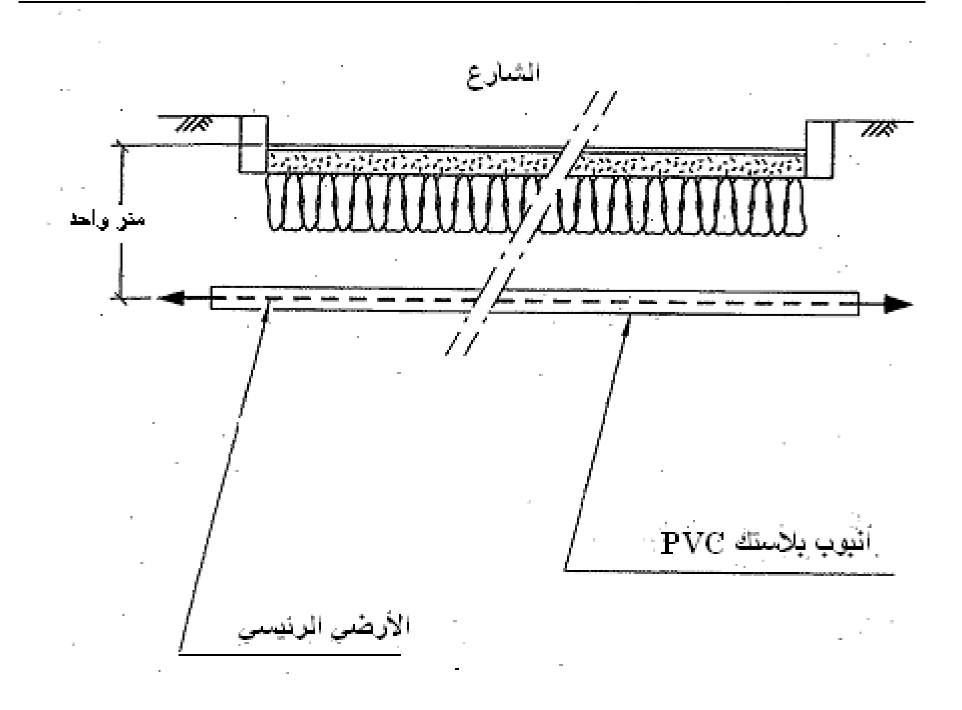
يجب أن تعزل منظومة التاريض للأجهزة الألكترونية عن منظومة التأريض الرئيسية للبناية ، أي تنفذ منظومتين مستقلتين عن بعضهما . ويجوز ربط المنظومتين في نقطة واحدة مختارة.

نموذج رقم (9) : تأريض أبدان المحركات الكهربائية
ERTHING OF LV MOTOR FRAMES

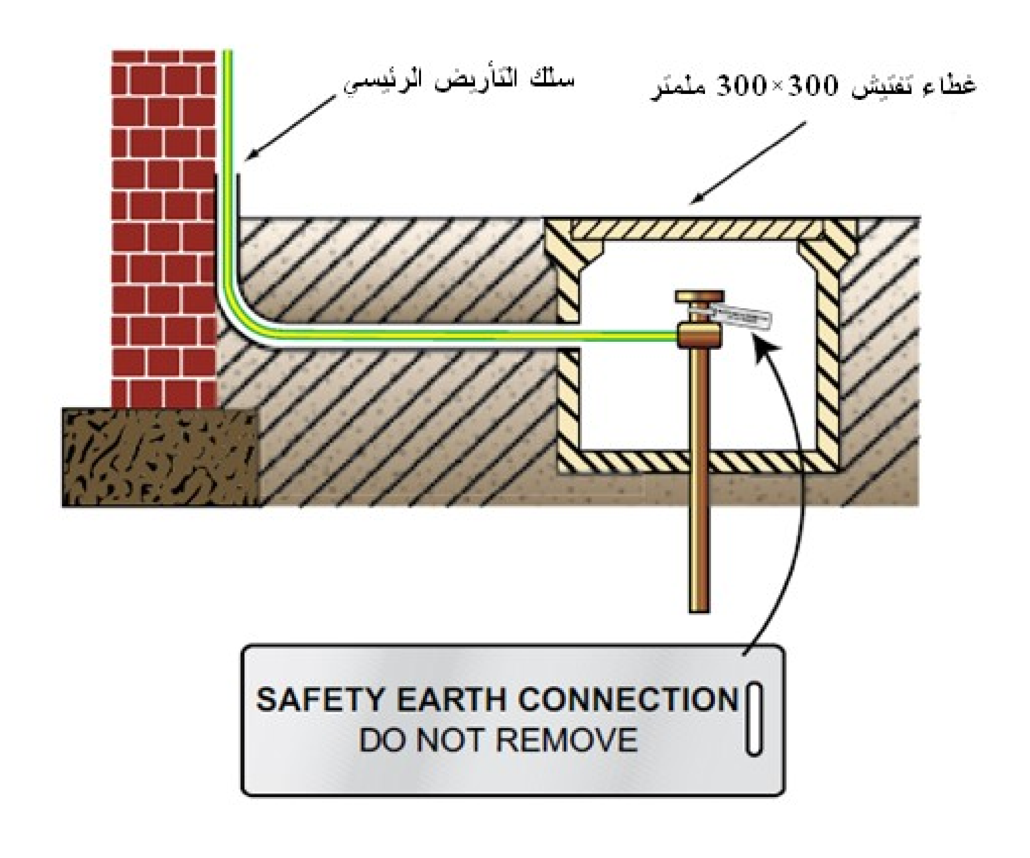



نموذج رقم (10) : تأريض المحول
TRANSFORMER EARTHING
شبكة الباب المعدنية
1
كيبل نحاس مضفور
الى حاملات الكيبلات و البناء الحديدي
2
3
كيبل نحاس معزول
INSULATED COPPER CABLE
n
c
b
a
3
3
RAIL
السكة
الى الأرضي الرئيسي
الى بئر التاريض
1- قطعة نحاس مغلون لتاريض الباب
2- نقطة توصيل
3- قفيص تاريض

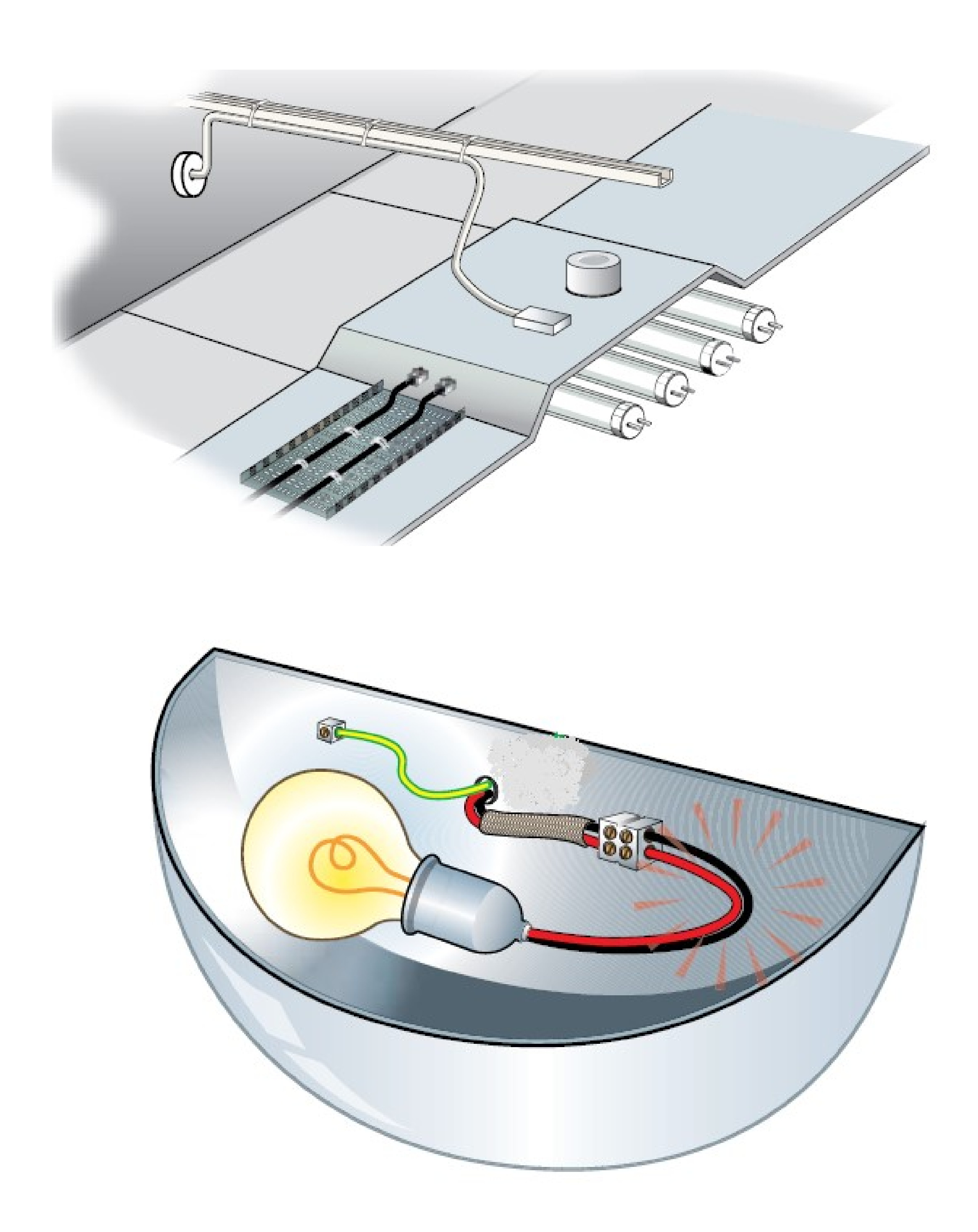
نموذج رقم 11 تقاطع الموصل الأرضي مع الشوارع



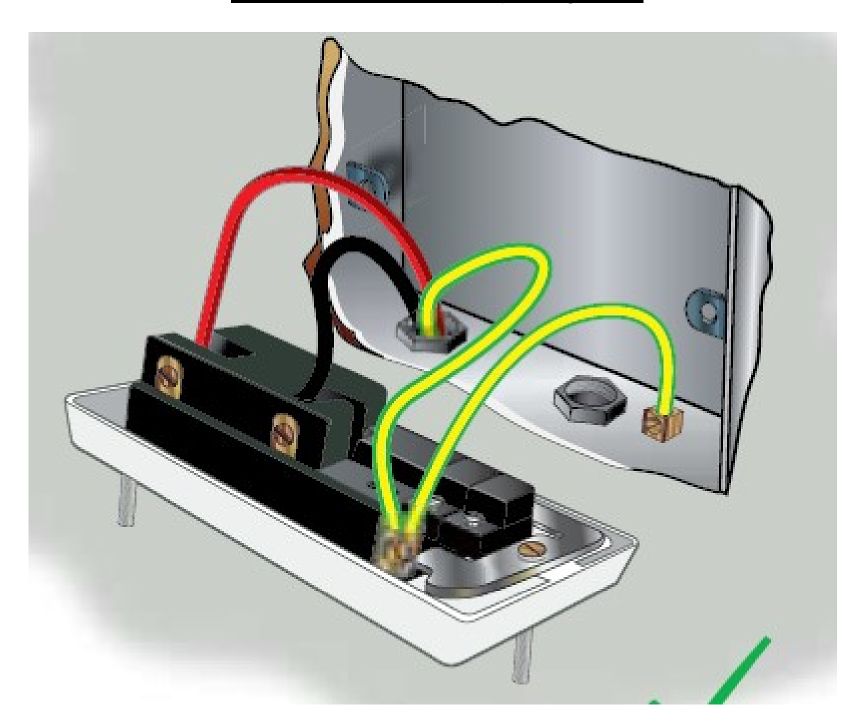
نموذج رقم 12 فتحة التفتيش لبئر تأريض



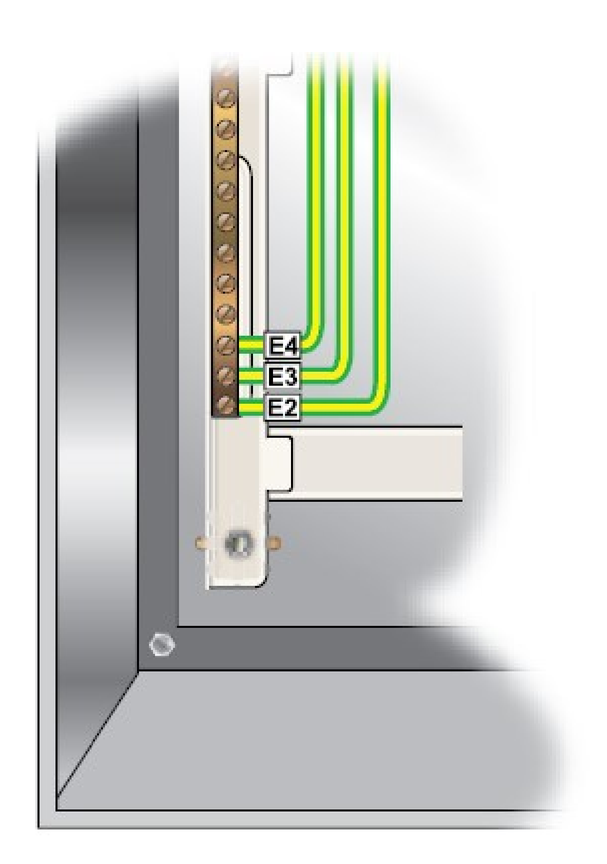
نموذج رقم 13 تأريض تراكيب الإنارة



نموذج رقم 14 تأريض المآخذ



نموذج رقم 15 ربط موصلات التأريض في لوحة توزيع ثانوية



الفصل التاسع
المحطات الثانوية للأبنية Local Substations for Buildings

9-1 مقدمة

في معظم المباني الكبيرة يكون الحمل الكهربائي كبيرا نسبيا مما يتطلب نصب محطة تحويل ثانوية موقعية . ويتم القرار بأنشاء هذه المحطة بعد الإنتهاء من إعداد التصاميم الكهربائية النهائية وتخمين الحمل النهائي للبناية من قبل المهندس الكهربائي المصمم بالتداول مع مسؤلي توزيع الكهرباء في المنطقة التي ستشيد فيها البناية وصاحب المشروع نفسه . فإذا كان حمل البناية الكلي يفوق سعة المغذيات المتوفرة في المحطات الثانوية للفولتية المنخفضة الموجودة بالقرب من البناية ، وجب عندئذ القرار بإنشاء محطة ثانوية مستقلة خاصة بالبناية نفسها. عندها يتم تغذية هذه المحطة من أقرب نقطة تغذية للفولتية العالية . ومن الناحية العملية يفضل إنشاء محطة ثانوية للبناية إذا زاد حملها عن 250kVA .

ونقطة تغذية الفولتية العالية إما أن تكون بجهد 11 كيلوفولت أو 33 كيلوفولت حسب نظام التوزيع المتوفر موقعيا. وفي معظم الحالات يكون الجهد المتوفر 11 كيلوفولت ، إلا إذا كان حمل المنشأ أو البناية يزيد عن 5 ميغاواط عندئذ يستوجب إستخدام 33 كيلوفولت . ومما تجدر الإشارة اليه هو أن الربط للفولتية العالية له الميزات العملية الآتية:

- لايتأثر بالمشتركين أو المستهلكين الآخرين كما هو الحال في توزيع الفولتية المنخفضة .
- يستطيع مجابهة التوسع بالأحمال المستقبلية وتوسعات البناية .
- الحرية بإختياروإستعمال أي نوع من منظومات التأريض .
- المناورة الكبيرة بإختيار التعريفة المحلية وأسعار الطاقة لضمان الإقتصاد الأمثل في التجهيز .

9- 2 مكونات المحطة الثانوية

أيا كان مقدار الفولتية العالية المستخدم فإن جميع المحطات الثانوية تتألف مما يأتي (أنظر الشكل (9-1)):

- لوحة التوزيع الرئيسية للفولتية العالية H.V. Distribution Board
- المحول (أو المحولات) Transformer(s)
- لوحة التوزيع الرئيسية للفولتية المنخفضة L.V.Distribution Board
- كيبلات الفولتية العالية H.V.Cables
- كيبلات الفولتية المنخفضة L .V.Cables

- أجهزة الحماية والقياس والسيطرة والبطاريات

1- لوحة التوزيع الرئيسية للفولتية العالية

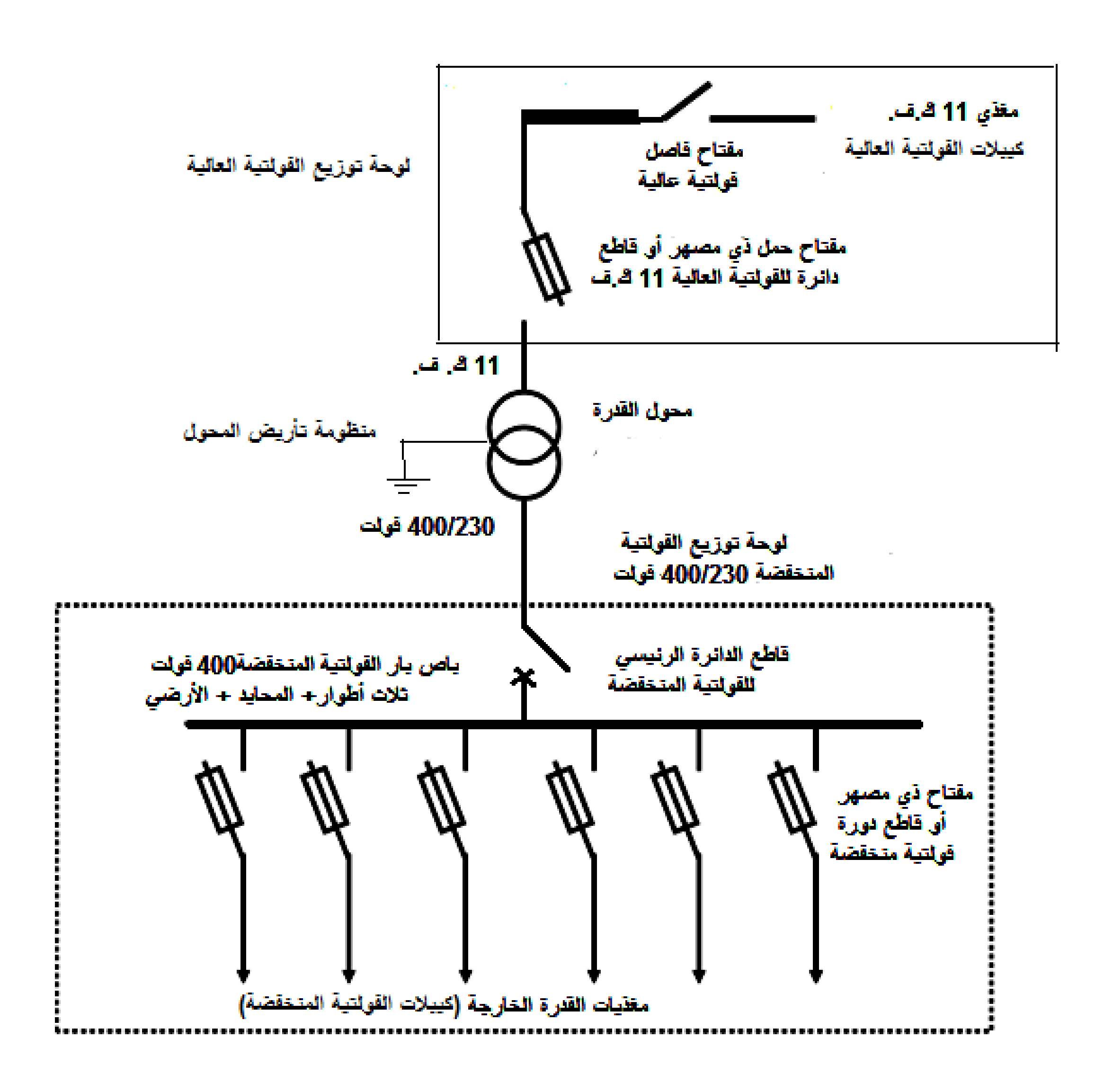
تكون وظيفة لوحة التوزيع الرئيسية للفولتية العالية هي إستقبال مغذي (أو مغذيات) الفولتية العالية (11 أو 33 كيلوفولت) من نقاط التغذية التابعة لسلطة الكهرباء أو شركات التوزيع . ويكون هذا المغذي عبارة عن كيبل فولتية عالية ثلاثي الطور مسلحاً يربط مباشرة الى قاطع الدائرة للفولتية العالية الموجود في هذه اللوحة الرئيسية . وفي العموم تحتوي اللوحة الرئيسية على الآتي :

- قاطع فولتية عالية H.V. Circuit breaker أو مفتاح عزل الحمل للفولتية العالية Load Break H.V. Switch
- مجموعة قضبان التوزيع للفولتية العالية H.V. Bus bars
- مرحلات الحماية Protective Relays
- محولات الجهد والتيار Potential transformers and Current transformers
- أجهزة القياس Measuring Devices

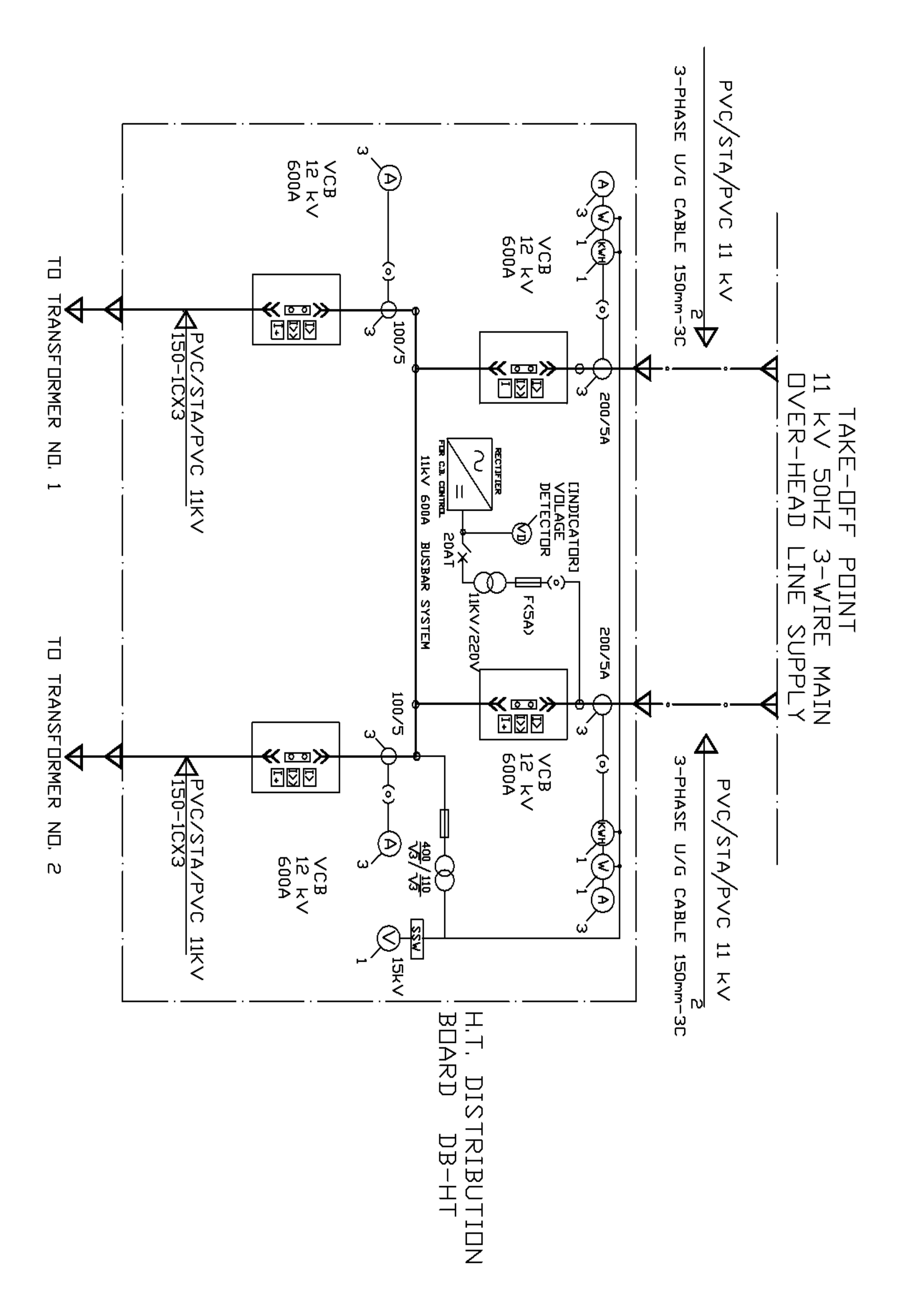
إن قاطع الدائرة للفولتية العالية واجبه حماية جهة الفولتية العالية من أخطار قصر الدارة وزيادة التيار وهبوط وزيادة الفولتية كما أنه قد يزود بإنواع أخرى من الحماية مثل حماية ضد عطل الأرض Earth fault وعطل فقدان الطور Phase failure حسب إجتهاد المصمم . وفي الوقت الحاضر شاع إستخدام القواطع من نوع SF6 و النوع المفرغ VCB والنوع الأخير هو المفضل حيث أثبتت الخبرة العملية الأمريكية وتقاريرها لسنة 2005 كفاءة وميزات القاطع VCB عن باقي الأنواع كونه لايحتاج إلى صيانة دورية ولا يحتاج الى إعادة لشحن الغاز أو تبديل الزيت نتيجة التسرب . كذلك يكون أمينا أكثر لعدم إحتوائه على غازات أو مواد مضرة بصحة الأشخاص العاملين على صيانته.

ويعد إستخدام القواطع من نوع SF6 و النوع المفرغ VCB في بعض البلدان باهض الكلفة لفولتيات 11كيلوفولت فما دون ، لذا يتم إستخدام مفتاح عزل الحمل للفولتية العالية مع مجموعة مصاهر لغرض الحماية ، لكن هذه الحماية تكون محدودة لقصر الدارة أو زيادة التيار أو كليهما . إلا أن قاطع الدائرة يكون الأفضل في كل الأحوال .

وتتألف قضبان التوزيع للفولتية العالية من مجموعة من القضبان النحاسية عالية الجودة والتوصيل ثلاثية الطور بنظام ثلاثي السلك 3-wire system تربط اليها القواطع أو مفاتيح عزل الحمل، أنظر الشكلين (9- 1) و (9-2). ووظيفة هذه القضبان هي لربط القواطع مع بعضها وتوزيع القدرة إلى المحولات في المحطة إذا كانت تحتوي على أكثر من محول ، وكذلك محولات التيار C.Ts ومحولات الفولتية P.Ts لأغراض الحماية والقياس . وتحتوي اللوحة في العموم على مقاييس للتيار (عدد3) ومقياس واحد للفولتية الذي دائما ما يزود بمفتاح إختيار Selector switch لغرض إختيار الطور أو الخط المطلوب إستبيان



الشكل (9-1) مكونات المحطة الثانوية الموقعية 11kV/400 V تغذى من جهة واحدة للفولتية العالية بنظام تغذية شعاعي Radial .



الشكل (9- 2) نموذج للوحة توزيع 11 كيلوفولت تغذى من جهتين للفولتية العالية بنظام تغذية حلقي Ring Main.

فولتيته . ويتم في اغلب التصاميم تزويد اللوحة بمقياس للقدرة (الواط) وكذلك مقياس إستهلاك الطاقة الكهربائية kWh meter ومحولات الجهد والتيار الخاصة بها .

وتزود هذه المحولات أيضا مرحلات الحماية المتنوعة (غير ظاهرة في الشكل ، لكنها معلمة على كل قاطع نوع الحماية المستخدم) لغرض إشتغالها . وبما أن بعض مرحلات الحماية تحتاج إلى مصدر للتيار المستمر فإن لوحة الفولتية العالية غالبا ما تزود بمقومات Rectifiers لتحويل التيارالمتناوب الى تيار مستمر. كذلك تقوم هذه المقومات بشحن البطاريات الموجودة في المحطة الثانوية والتي تقوم الأخيرة بتشغيل القواطع ومرحلات الحماية عند إنقطاع التيار العام .

أما أنواع الحماية المستخدمة والمؤشرة ضمن كل قاطع فهي : $I >$ وتعني الحماية ضد زيادة التيار Overcurrent ، $I >>$ وتعني الحماية ضد التيار المفرط أو قصر الدارة ، أما $I +$ فتعني الحماية ضد عطل الأرض .

2- المحول

وظيفة المحول كما هو معروف هي تحويل الفولتية العالية الى فولتية منخفضة (11000 فولت إلى 400 فولت بثلاث أطوار أو 230 فولت الى المحايد وبمنظومة رباعية السلك 4-wire system). والمحولات المستخدمة في المحطات الثانوية الخاصة بالأبنية قد تكون مصنعة وفق أحدى تكنولوجيا التصنيع الآتية:

1- المحولات المبردة بالزيت Oil immersed transformers

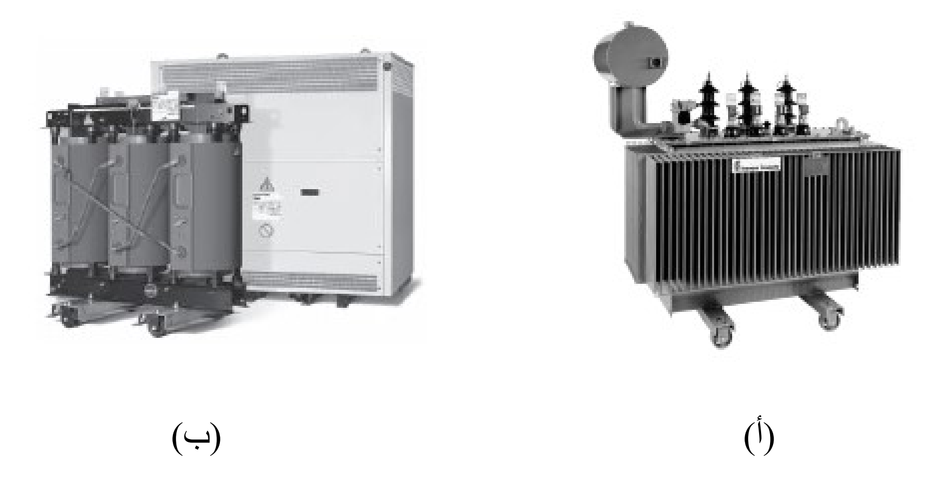
2- المحولات الجافة أو المبردة بالهواء Dry type (cast in resin) transformers

وتعد المحولات المبردة بالزيت من الأنواع الشائعة الإستعمال في أغلب المحطات الثانوية الخاصة بالأبنية إذا كانت المحطة مبنية خارج البناية أومجاورة لها . إما إذا كانت المحطة مبنية ضمن البناية كأن تكون موضوعة في السرداب (طابق التسوية في أسفل البناية تحت الطابق الأرضي) أو في أحد الطوابق أو على سطحها فيجب في هذه الحالة إستخدام المحولات المبردة بالهواء (الجافة) لتلافي أخطارالحريق الناجم عن الزيت المتسرب . ويوضح الشكل (9-3) نماذج من المحولات آنفة الذكر.

وتنصب المحولات في غرف معزولة عن أماكن لوحات توزيع الفولتية العالية لإبعاد الخطر عن عمال الصيانة . ويجب أن تزود هذه الغرف بفتحات تهوية مناسبة لغرض تبديد حرارة المحول عند تحميله . وتكون التهوية إما طبيعية أو إصطناعية بإستخدام مراوح السحب المحورية Axial fans حيث توضع هذه المراوح بالفتحات العليا من غرفة المحول ،أنظر الشكل (9– 4) . ومنظومة التبريد الجيدة هي التي يدخل منها الهواء البارد من الفتحة A_1القريبة من الأرضية ويخرج من الفتحة A_2 الموجودة على إرتفاع H في الحائط المقابل أو في الحائط نفسه.

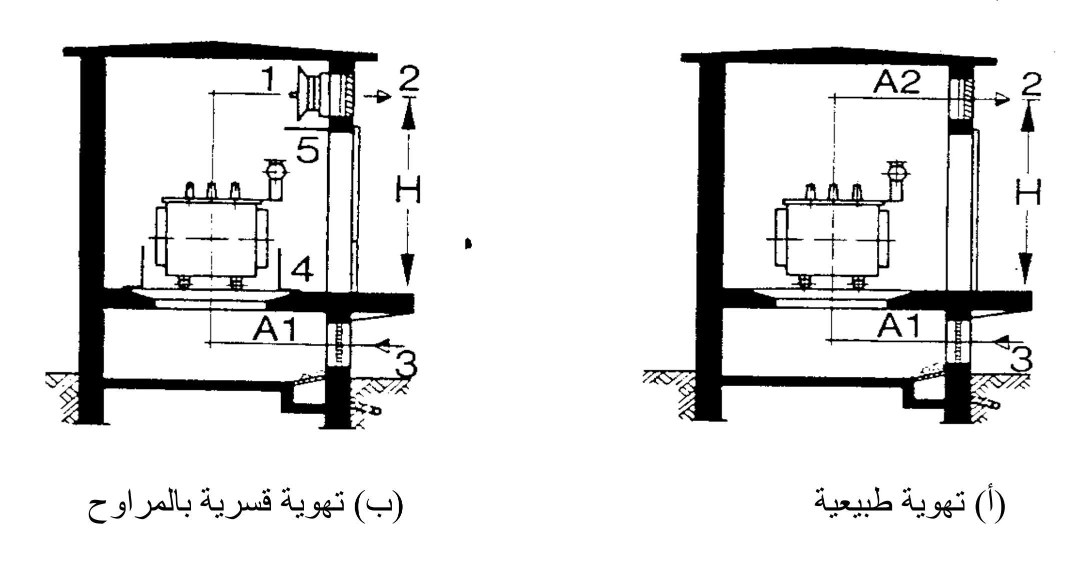
ولحساب مساحة الفتحة A_1 بالنسبة للتهوية الطبيعية تستخدم المعادلة الرياضية التالية :

$$A_1 = 0.18\, P / \sqrt{H} \quad \& \quad A_2 = 1.1\, A_1 \qquad (9\text{-}1)$$



(ب) (أ)

الشكل (9-3) (أ) المحولات المبردة بالزيت و(ب)، المحول الجاف .



(ب) تهوية قسرية بالمراوح (أ) تهوية طبيعية

الشكل (9-4) تهوية غرفة المحول حسب متطلبات النظام الدولي IEC .

حيث أن

P = مجموع مفاقيد المحول في حالة اللاحمل وفي حالة الحمل التام معبراً عنها بالكيلواط

A1 = مساحة الفتحة السفلية الخاصة بدخول الهواء معبراً عنها بالملمتر المربع

A2 = مساحة الفتحة العليا الخاصة بخروج الهواء معبر عنها بالملمتر المربع

H = فرق الإرتفاع الشاقولي بين الفتحتين معبراً عنه بالمتر

وتطبق هذه المعادلة لدرجة حرارة محيطية مقدارها 20 درجة مئوية فما دون . أما إذا كانت درجة الحرارة اكثر من ذلك فيجب في هذه الحالة إستخدام التهوية القسرية Forced ventilation بإستعمال المراوح عندئذ يحسب معدل جريان الهواء بالمتر المكعب وفقا لما يأتي :

للمحولات المملوءة كليا : 0.05P

للمحولات الجافة : 0.081 P حيث P = المفاقيد الكلية بالكيلواط

إختيار المحول

يتم في الغالب إختيار المحول وفق المواصفات الفنية التي تشمل :

- المميزات أوالخواص الكهربائية
- تكنولوجيا التصنيع

المميزات الكهربائية: وتشمل الآتي :-

- القدرة المقررة S بالكيلوفولت أمبير kVA التي بموجبها تم تصميم المحول

- التردد 50 أو 60 هرتز

- الفولتية المقررة للملفين الإبتدائي والثانوي

- مستوى العازلية المقرر

- قيمة مأخذ تغيير الفولتية Tap changer في حالة اللاحمل ‎± 2.5%‎ و ‎± 5%‎ حول الفولتية المقننة لملف الفولتية العالية .

- إسلوب ربط الملفات وفق نظام الربط القياسي الدولي نجمي / مثلثي Y/Δ والحروف القياسية المتفق عليها بالنظام الدولي IEC وهي :

- الحروف الطباعية الكبيرة Capital letters تشير إلى ملف الفولتية العالية :

D = delta مثلثي

Y = star نجمي

Z = interconnected-star (or zigzag) نجمي متخالف

N = neutral connection brought out to a terminal نقطة المحايد إذا كانت ظاهرة

- الحروف الطباعية الصغيرة Lower –case letters تشير الى ملف الفولتية المنخفضة أو الملف الثالثي Tertiary .

d = delta مثلثي

y = star نجمي

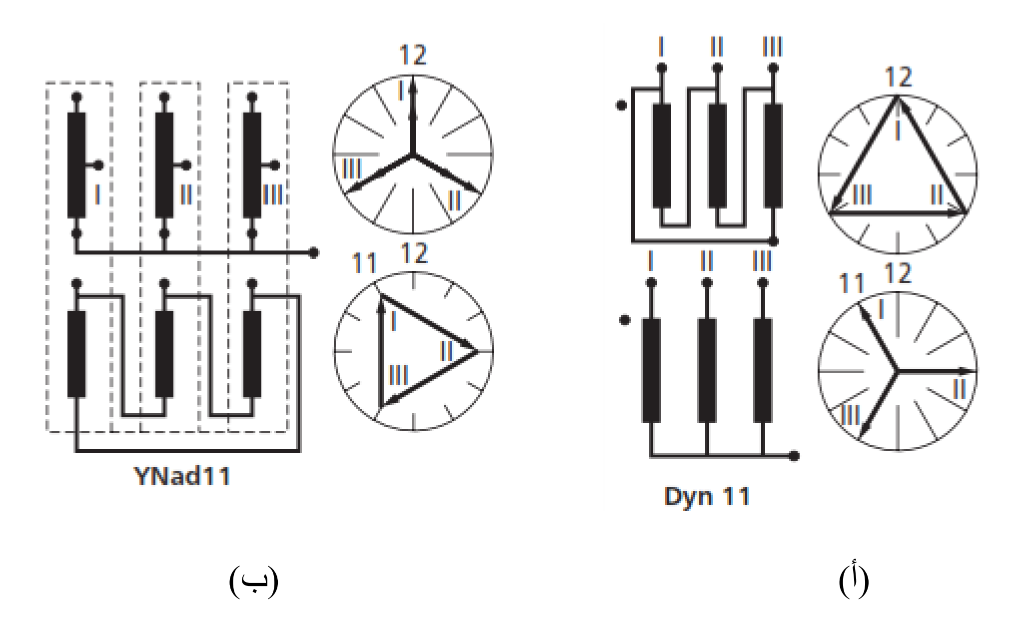
z = interconnected-star (or zigzag) نجمي متخالف

n = neutral connection brought out to a terminal نقطة المحايد إذا كانت ظاهرة

وتستخدم الأعداد من صفر الى 11 (from 0 -11) التي تناظر أعداد عقارب الساعة حيث يستخدم الرقم صفر(بدلا من العدد 12) للدلالة على زاوية فرق الطور التي تحدث بالفولتية أثناء عملية التحويل.

ومن الأنواع الشائعة لمحولات التوزيع هو المحول ذي الربط المشار إليه بالحروف Dyn 11 ، التي تعني أن ملف الفولتية العالية الإبتدائي مربوط بشكل مثلثي ، وملف الفولتية المنخفضة الثانوي مربوط بشكل نجمي . أما فرق الطور الحاصل خلال عملية التحويل فهو +30 درجة وهذا يعني أنه عندما تكون فولتية الإبتدائي للطور الأول منطبقة على الساعة 12 تكون فولتية الثانوي للطور نفسه منطبقة على الساعة 11 كما موضحة في الشكل (9- 5) . أما مقررات المحولات الشائعة الاستخدام في الأبنية فهي:

50kVA ، 100kVA، 250kVA ، 400kVA ، 630kVA، 800kVA ، 1000kVA، 1250kVA ، 1600kVA ، 2000kVA ، 2500kVA ، 3150kVA و 3500kVA .



(ب) (أ)

الشكل (9- 5) متجهات الفولتية لمحول (أ) بنظام Dyn 11 شائع الإستخدام و(ب) محول بنظام YNad 11 .

طرق تبريد المحولات

تعتبر عملية التبريد في المحولات التي تغذي الأبنية والمنشآت أمرا ضروريا ، حيث انه كلما ازدادت كفاءة التبريد كلما ارتفعت كفاءة المحول وقلت المفاقيد والطاقة المتبددة فيه . كذلك ازداد عمر المكونات الداخلة فى تركيبه.وتعرف منظومة التبريد للمحول بانها عبارة عن ترتيبات خاصة تلحق بالمحول لغرض المحافظة على درجة حرارته ضمن حدود أمينة مقبولة وذلك بتبديد الحرارة المتولدة في المحول بصورة جيده .

هناك تقنيات مختلفة تتم فيها عملية تبريد قلب المحول نوجزها من حيث مبدأ الطريقة ونوع المحول كالاتي:

التبريد الطبيعي

التبريد بالهواء

التبريد بالزيت

وبالنسبة للمحولات المستخدمة في الأبنية والمنشآت فتكون على نوعين : المحول الجاف والمحول المغمور أو المبرد بالزيت . ويعطي الجدول (9-1) التالي أنواع طرق التبريد لكلا النوعين من المحولين .

الجدول (9-1) طرق تبريد المحولات المستخدمة في الأبنية

المحول المغمور بالزيت Oil Immersed Transformers	المحول الجاف Dry Type Transformers
1- محول مغمور فى الزيت مبرد طبيعيا (ذاتيا) Oil Natural Air Natural type (ONAN)	Air Natural Type التبريد الذاتي بالهواء الطبيعي
2- محول مبرد طبيعيا بالزيت وقسريا بالهواء Oil Natural Air forced Type (ONAF)	Air forced Type التبريد بالهواء القسري بواسطة المراوح
3- محول مبرد قسريا بالزيت و قسريا بالهواء Oil forced Air forced Type (OFAF)	
4- الزيت المدفوع قسريا الموجه والهواء القسري Oil Directed Air forced Type (ODAF)	
5 - محول مغمور فى الزيت المدفوع قسريا المبرد بالماء المدفوع قسريا Oil forced Water forced Type (OFWF)	

1- محول مغمور فى الزيت مبرد طبيعيا (ذاتيا) ONAN :
يتم تبريد قلب وملفات المحول عن طريق غمرهم فى الزيت وتتم عملية التبريد عن طريق الدوران الذاتي للهواء على اسطح التبريد ، أنظر الشكل (9-6) .

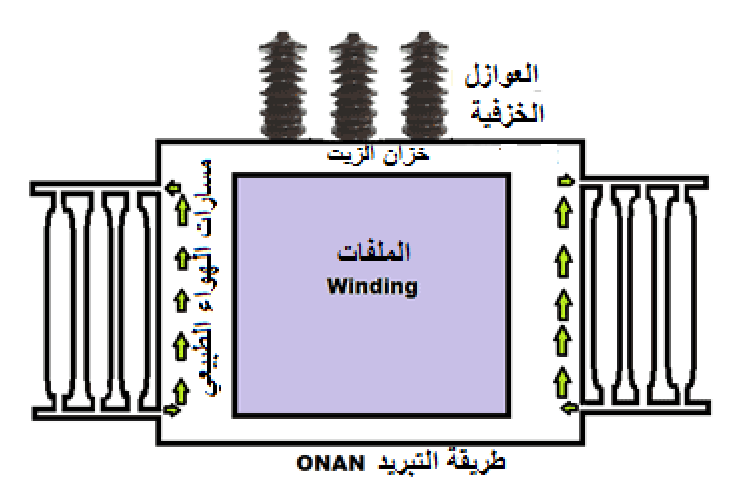
2- محول مبرد طبيعيا بالزيت وقسريا بالهواء ONAF :
وتتم عملية التبريد فيه بطريقة مشابهه للطريقة السابقة وتتم عن طريق دفع الهواء بمراوح على اسطح التبريد، أنظر الشكل (9-7) .

3- محول مبرد قسريا بالزيت و قسريا بالهواء OFAF :
تتم عمليه التبريد بالزيت عن طريق دوره قسرية له خلال مبادل حرارى بين الزيت والهواء كما تتم الاستفاده بالتبريد الهوائي القسري على اسطح التبريد ، أنظر الشكل (9-8) .

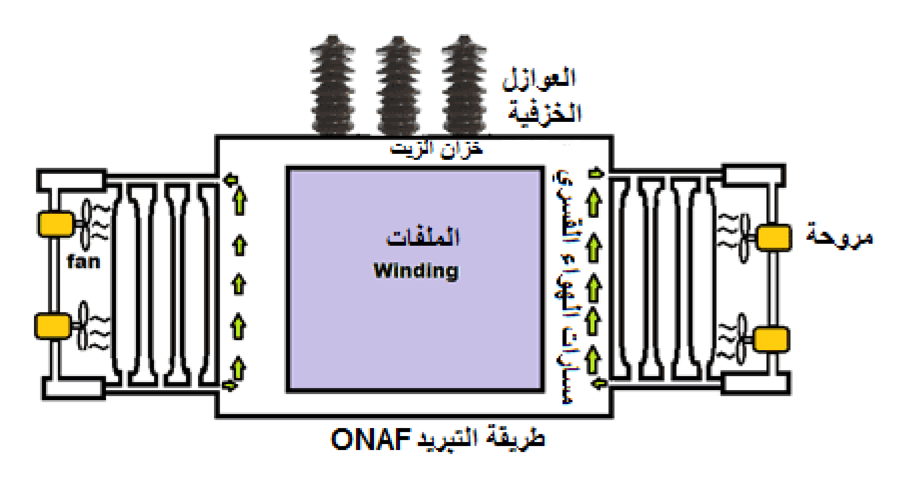
4- الزيت المدفوع قسريا الموجه والهواء القسري ODAF :-
وتتم عمليه التبريد فيه بطريقة مشابهه بالطريقة السابقة بالاضافة لدوره قسرية للزيت حول قلب المحول وملفاته ويوجد محولات يتم فيها هذا النوع من التبريد على مرحلتين تبعا لمقدار الحمل الكهربائي على المحول حيث تتم هذه العملية بأجهزه تحكم ذاتية .

5- محول مغمور فى الزيت المدفوع قسريا المبرد بالماء المدفوع قسريا OFWF :
يتم تبريد الزيت بالدوران بواسطة مضخات فوق سطح مبرد بالماء المدفوع ايضا بالمضخات .

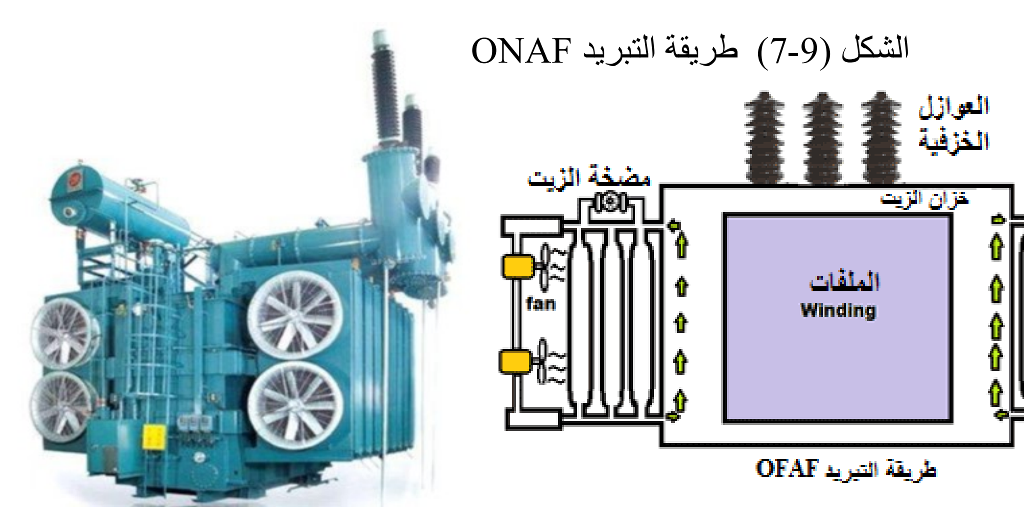




الشكل (9-6) طريقة التبريد ONAN



الشكل (9-7) طريقة التبريد ONAF



الشكل (9-8) طريقة التبريد OFAF

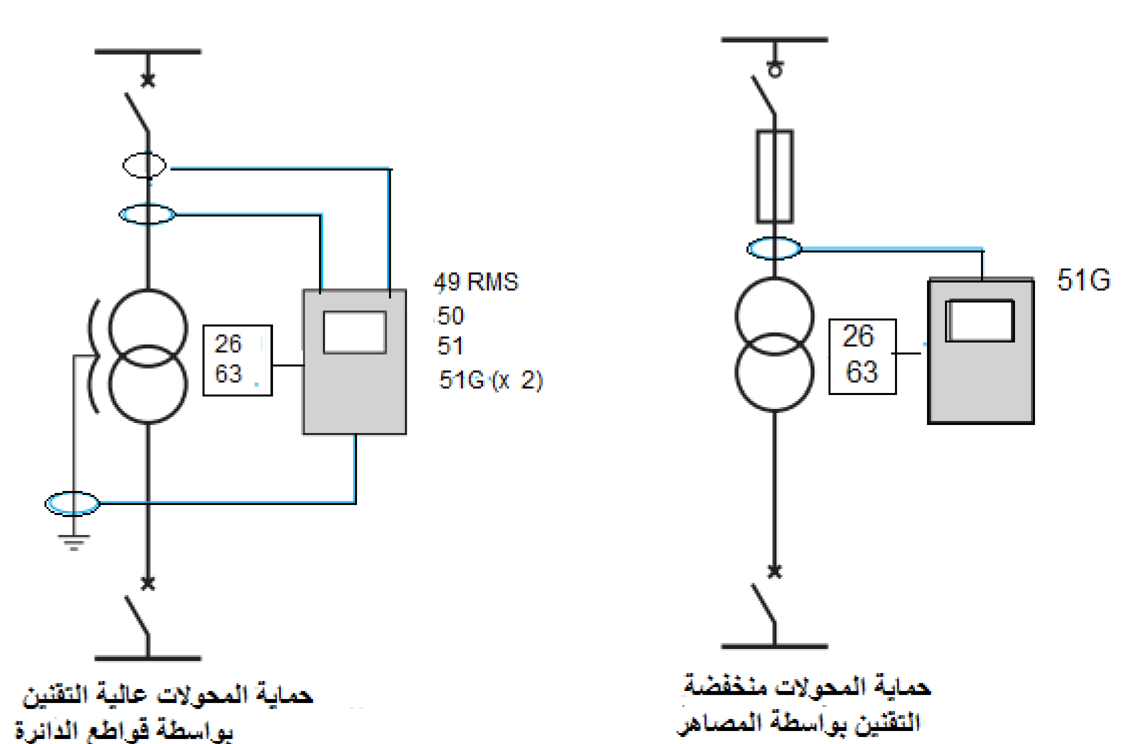
التوصيات بخصوص أنواع الحماية للمحولات المستخدمة في الأبنية

تتعرض المحولات المستخدمة في المحطات الثانوية التي تغذي الأبنية والمنشآت الصغيرة الى الأعطال الشائعة المدرجة في الجدول (9-2) في أدناه ؛ وأساليب الحماية التي يوصى دوليا استخدامها لحماية المحولات وكالآتي:

الجدول (9-2)

نوع العطل	الحماية الملائمة ووظيفتها	وسيلة الحماية ورقمها حسب الكود الأمريكي ANSI	معلومات حول ضبط وسيلة الحماية
زيادة الحمل Overload	مراقبة درجة حرارة الملفات (للمحولات الجافة)	49T	تنبيه عند وصول درجة الحرارة الى 150C° وتشغيل وسيلة الحماية عند 160C°
	مراقبة درجة حرارة السائل (للمحولات المغمورة بالزيت ونحوها)	26	تنبيه عند وصول درجة الحرارة الى 95 C° وتشغيل وسيلة الحماية عند 160C°
	الحماية الحرارية Thermal overload	49 RMS	تنبيه عند وصول تيار الحمل 100% فصل المحول عند وصول تيار الحمل 120%
	قاطع دائرة للفولتية المنخفضة LV Circuit Breaker		$I \geq In$
قصر الدارة Short-circuit	المصاهر Fuses		اختيار ملائم لتقنين المصهر بموجب طريقة ربطها مع المفاتيح Switcgears
	الحماية الفورية ضد زيادة التيار Instantaneous over current	50	حصول تيار قصر عالي جدا
	الحماية بعد زمن محدد ضد زيادة التيار Definit time overcurrent	51	مستوى منخفض للتيار $\geq In$
	حماية بوخهولز Buchholz أو حماية وجود ضغط الغاز	63	بالمنطق
الأعطال الأرضية Earth Faults	• حماية ضد عطل الأرض • حماية ضد عطل الأرض المحدد • عطل الأرض لنقطة المحايد	51N/51G 64 REF 51G	فصل المحول إذا بلغ مستوى تيار العطل في الأرض 20% - 10% من مقرر محول التيار CT .
إزدياد الفيض Over Fluxing	للمحولات الكبيرة	24	فصل المحول بعد مرور ساعة واحدة اذا بلغت النسبة fn : Vn اكبر من 1.05

ويبين الشكل (9-9) الحماية المستخدمة للمحولات HV/LV الصغيرة (لحد400 kVA) والكبيرة .



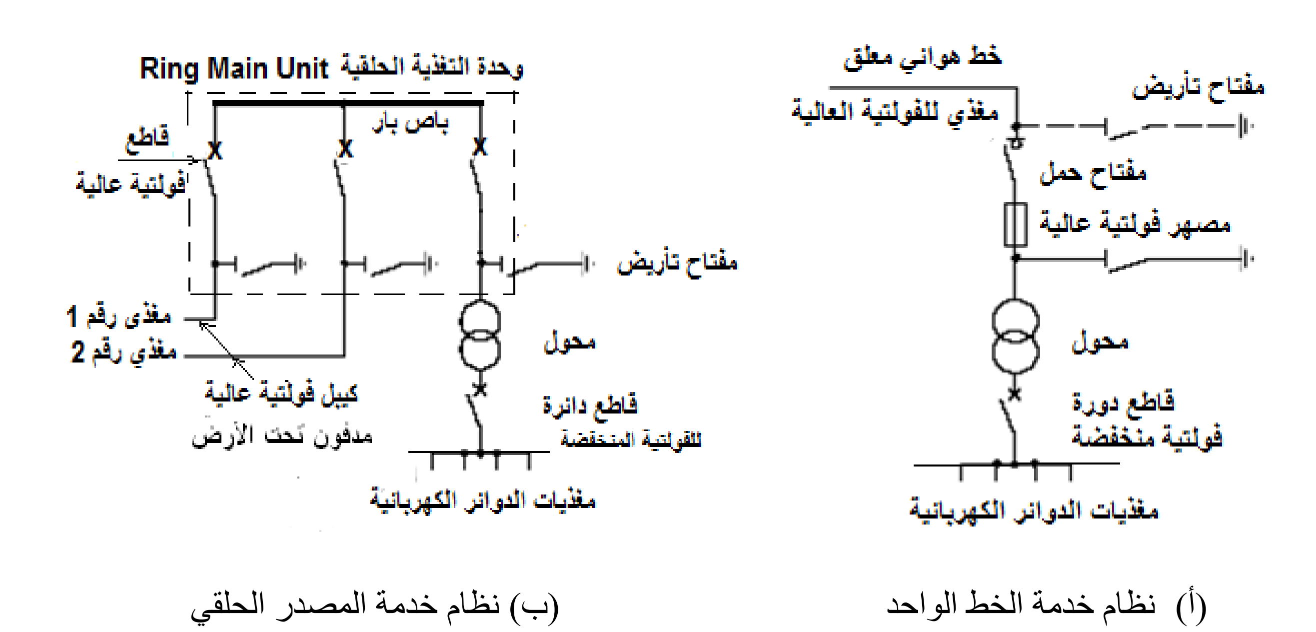
الشكل (9-9) الحماية المستخدمة للمحولات HV/LV صغيرة السعة وكبيرة السعة .

أساليب ربط المحول الى جهة الفولتية العالية

إستنادا الى نوع مصدر الفولتية العالية المتيسر بالقرب من المحطة الثانوية يتم قرار المصمم بنوعية الربط الذي سوف يستخدم . على أية حال هنالك نوعان رئيسيان من الربط للفولتية العالية هما :

1- نظام خدمة (تغذية) الخط الواحد Single-line service ، ويتم في هذا النظام ربط المحطة بخط واحد من موزع فولتية عالية (كيبل أو خط هوائي معلق) عن طريق لوحة فولتية عالية تحتوي على قاطع أو فاصل حمل مع مصهر (مفتاح عزل) إضافة الى مفتاح التأريض كما مبين في الشكل (9– 10(أ)). وفي بعض الدول تستخدم المحطات الثانوية المثبتة في العراء على أعمدة ؛ حيث يوضع المحول على ركيزة من الحديد على إرتفاع مترين ونصف تقريبا عن الأرض ويربط الى مغذي الفولتية العالية مباشرة عن طريق فاصل مع مصهر فولتية عالية أيضا.

2- نظام خدمة المصدر الحلقي Ring-main service : في هذا النظام تستخدم وحدة الحلقة Ring-main unit للربط لمصادر الفولتية العالية عندما تكون أكثر من مصدر واحد .وتتألف وحدة الحلقة البسيطة من ثلاثة قواطع مجمعة مع بعضها البعض لتكون لوحة واحدة وتسمى اثنان منها عادة بالدواخل Incoming والثالث بالخارج Outgoing وكل من هذه القواطع يحتوي مفتاح تأريض. وهذا النوع من الربط يزود المستهلك بمصدرين للقدرة وبذلك يقلل من أحتمال إنقطاع التيار العام للبناية . أنظر الشكل (9–10(ب)) .



(ب) نظام خدمة المصدر الحلقي (أ) نظام خدمة الخط الواحد

الشكل (9– 10) أنظمة خدمة المصدر .

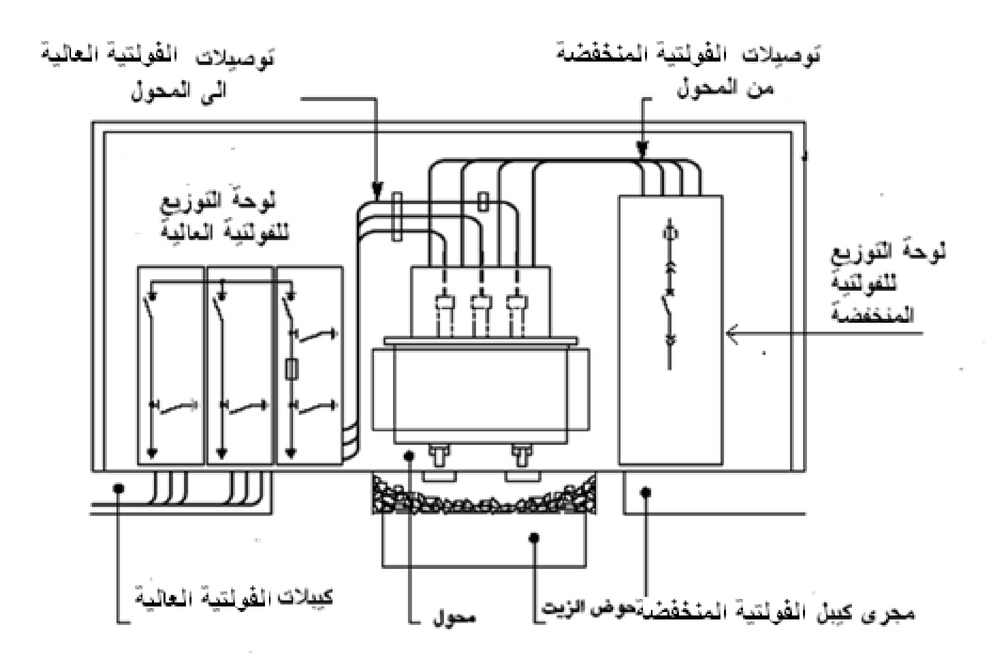
3- لوحة التوزيع الرئيسية للفولتية المنخفضة

تحتوي هذه اللوحة على قاطع دائرة رئيسي يغذي مجموعة قضبان توزيع للفولتية المنخفضة عدد 4 ، ثلاثة منها للأطوار الرئيسية الثلاثة ، أما الرابع فيكون للخط المحايد Neutral . وتزود اللوحة أيضا بقضيب خامس يوضع دائما في أسفلها تربط اليه منظومة الأرضي للبناية . كذلك تربط الى القضبان قواطع دائرة ثانوية لحماية مغذيات القدرة الخارجة لتغذية لوحات التوزيع المساعدة والثانوية داخل البناية . وتكون وظيفتها :

- حماية الدوائر الكهربائية Electrical protection
- العزل الأمين أو الإستعزال من الأجزاء الحية Safe isolation from live parts
- الفتح والغلق (التوصيل) الموقعي أوالبعيد Local or remote switching

وقد تم شرح تفاصيل هذه اللوحة في الفصل السابع – الفقرة 7-5-1. ويبين الشكل (9-11) ترتيبا نموذجيا لوضع مكونات المحطة الثانوية داخل غرفة المحطة وتوصيلات كيبلات الفولتية العالية والمنخفضة وخنادق هذه الكيبلات .

كما قد تحتوي لوحة التوزيع الرئيسية للفولتية المنخفضة على مقاييس للتيار والفولتية وأجهزة تحويل تلقائية بين مولدات الطوارئ والتغذية الرئيسية ومتسعات لتحسين عامل القدرة تكون على شكل مجاميع تسمى بخوازن المتسعات Capacitor Banks . وهذه الخوازن إما أن تربط الى الشبكة بصورة دائمة ، أو تربط على مراحل من خلال ملامسات توصيل (كونتكترات) حسب قيمة عامل القدرة الآني وتتم السيطرة عليها



الشكل (9-11) ترتيب نموذجي لوضع مكونات المحطة الثانوية داخل غرفة المحطة.

بواسطة منظم آلي يسمى (Automatic PF regulator (APFR ، أنظر الشكل (9-12) الذي يوضح تصميما للوحة توزيع فولتية منخفضة لبناية متعددة الطوابق . لاحظ أنه في هذا التصميم إستخدمت قواطع دائرة هوائية مزودة بمحركات Motorized ACB لإتمام عملية التحويل تلقائيا وبصورة مبرمجة بواسطة حاسب دقيق . أما الشكل (9–13) فيوضح لوحة أخرى مشابهه مع بيان محولات القدرة ومولد الطوارئ للإفادة.

9-3 تصميم غرفة المحطة الثانوية ضمن البناية

كما أسلفنا سابقا أن المحطة الثانوية قد تنشأ ضمن البناية نفسها ، وهذا يتطلب التنسيق التام بين المهندس الكهربائي والمهندس المعماري والمهندس الإنشائي حيث يتم الإتفاق على مكانها بحيث تكون في ركن متطرف من البناية وقريباً جهد الإمكان من مصدر الفولتية العالية المتيسر في المنطقة . وعادة ما يتم إختيار موقعها في سرداب البناية ، ويصمم لها مسرب وأبواب لتسهيل دخول المحولات ولوحات التوزيع اليها وكذلك الأخذ بعين الإعتبار أعمال الصيانة المستقبلية وإبدال المحولات أو المعدات العاطلة أو حتى تغيير المحولات إلى أحجام أكبر في حالة زيادة الأحمال غير المتوقعة بتقادم الزمن. وبعد الإتفاق على أبعاد الغرفة ومداخلها ، تقدم الأبعاد التقريبية المخمنة للمحولات ولوحات التوزيع وخنادق الكيبلات والمعدات الأخرى من قبل المهندس الكهربائي مع إقتراح أبعاد فتحات الكيبلات وأماكنها الى المهندس الإنشائي الذي يقوم بدوره بحساب سمك وتسليح أرضية الغرفة وتصميم قواعد غرفة المحولات والأبواب الرئيسية للغرفة وأغطية الخنادق الكونكريتية (الخرسانية) ونوعيتها . ويبين الشكل (9-14) مخططا إنشائيا لغرفة محطة ثانوية ذات محولين في إحدى الأبنية ؛ والشكل (9-15) الذي يعطي منظورا أماميا للغرفة ، حيث وضعت لوحة الفولتية العالية DB-HT ولوحة الفولتية المنخفضة MDB-LT-01 الرئيسية ولوحة

التوزيع للفولتية المنخفضة MDB-01 المساعدة في قاطع من الغرفة معزول عن المحولتين . ووضعت المحولتين في غرفتين منفصلتين على مساند كونكريتية بابعاد 30× 30 ×80 سنتمتر يستند اليها حديد الزاوية الذي يحمل المحول نفسه من خلال عجلاته . لاحظ الشكل (9-16) الذي يوضح المقطع العرضي لحوامل المحول .

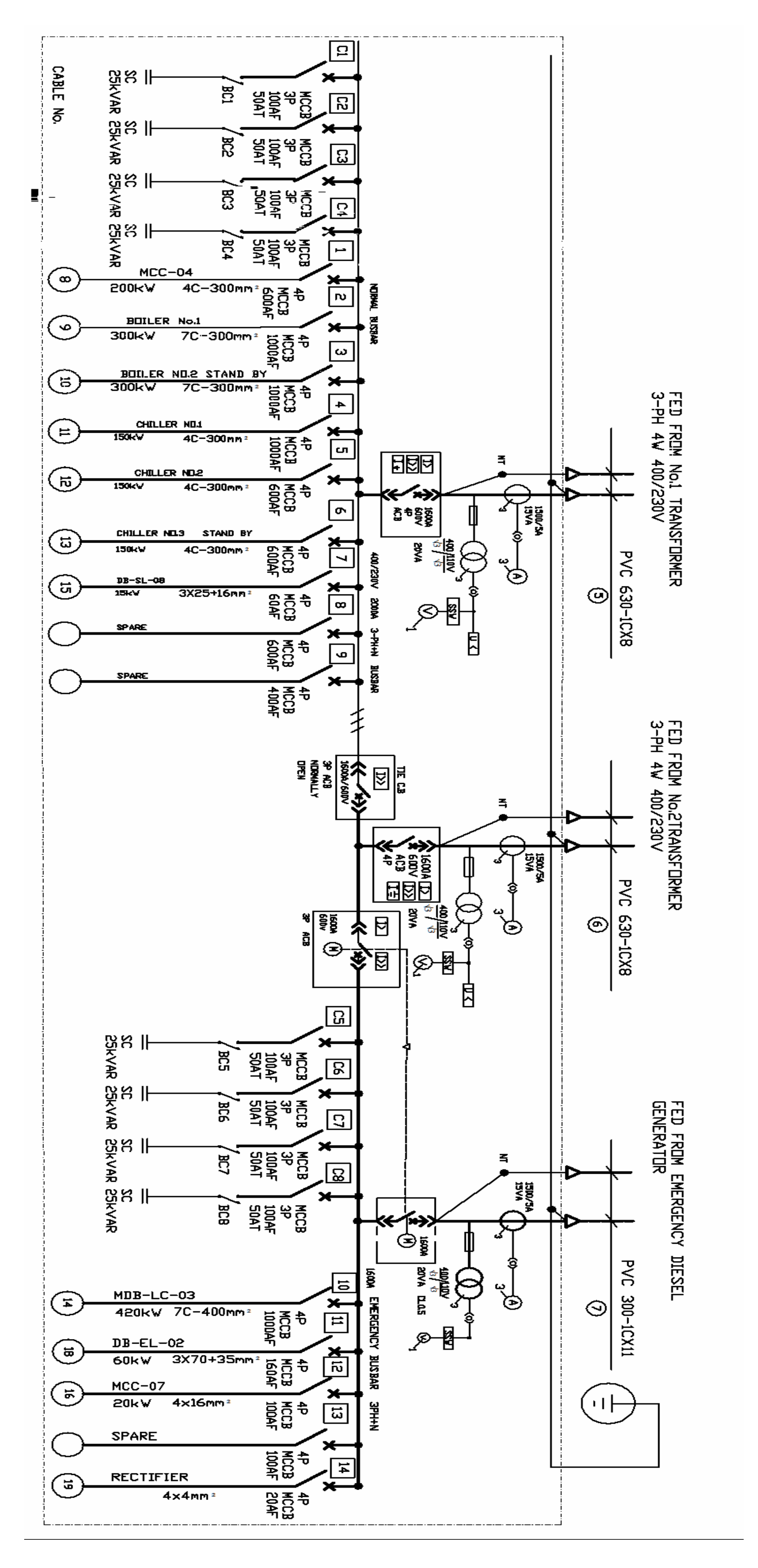
ويجب أن يعطي المهندس الإنشائي أو حتى الكهربائي الذي لديه خبرة تفاصيل أخرى لمقاطع خنادق الكيبلات وأماكن تثبيت اللوحات وكذلك حوامل الكيبلات (إن وجدت)،لاحظ الشكل (9-17) الذي يوضح مقاطع إنشائية لغرفة المحطة المذكورة ، كل هذه التفاصيل تساعد في عملية التنفيذ وتقلل من الأخطاء التي قد تظهر لاحقا في التصميم .

ومن الضروري في إعداد التصاميم إعطاء تفاصيل عن فتحات التفتيش Manholes الخاصة بدخول وخروج الكيبلات إلى غرفة المحطة . وإعتمادا على عدد الكيبلات وأحجامها وأهمية البناية وتيسر المساحات الفارغة حولها ، قد تكون فتحة التفتيش هذه صغيرة أو قد تكون أبعادها بأبعاد غرفة صغيرة حاوية على سلالم حديد للنزول فيها والخروج منها لإغراض سحب وتثبيت الكيبلات وصيانتها ، أنظر الشكل (9-18) .

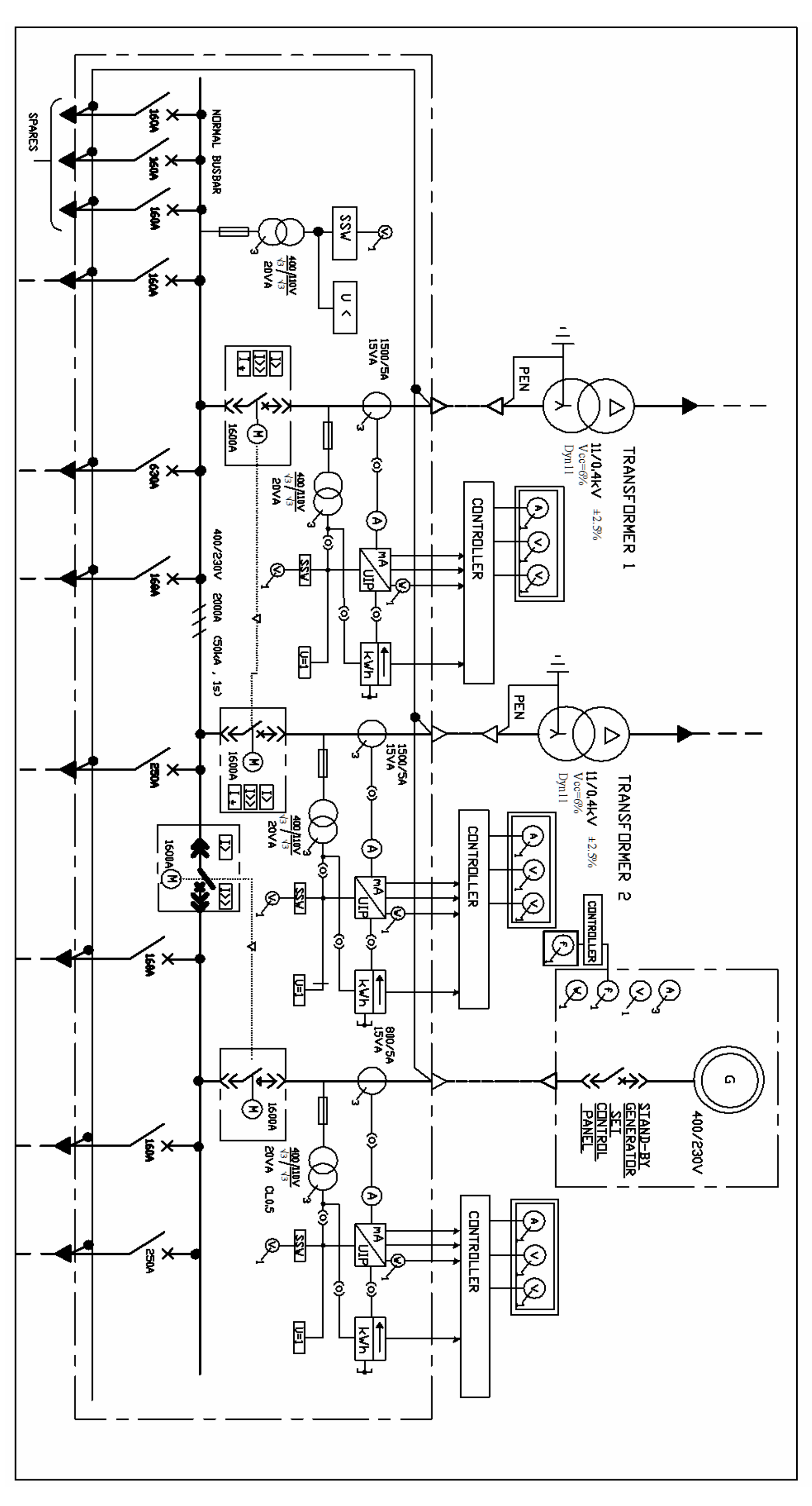
ويجب الإهتمام بتهوية لوحات التوزيع والمحولات داخل بناية المحطة كما تمت مناقشته سلفا . ويبين الشكل (9–19) نموذجا لتهوية غرف لوحات التوزيع للإفادة.

9-4 المحطات الثانوية التي تبنى أو تنصب خارج البناية

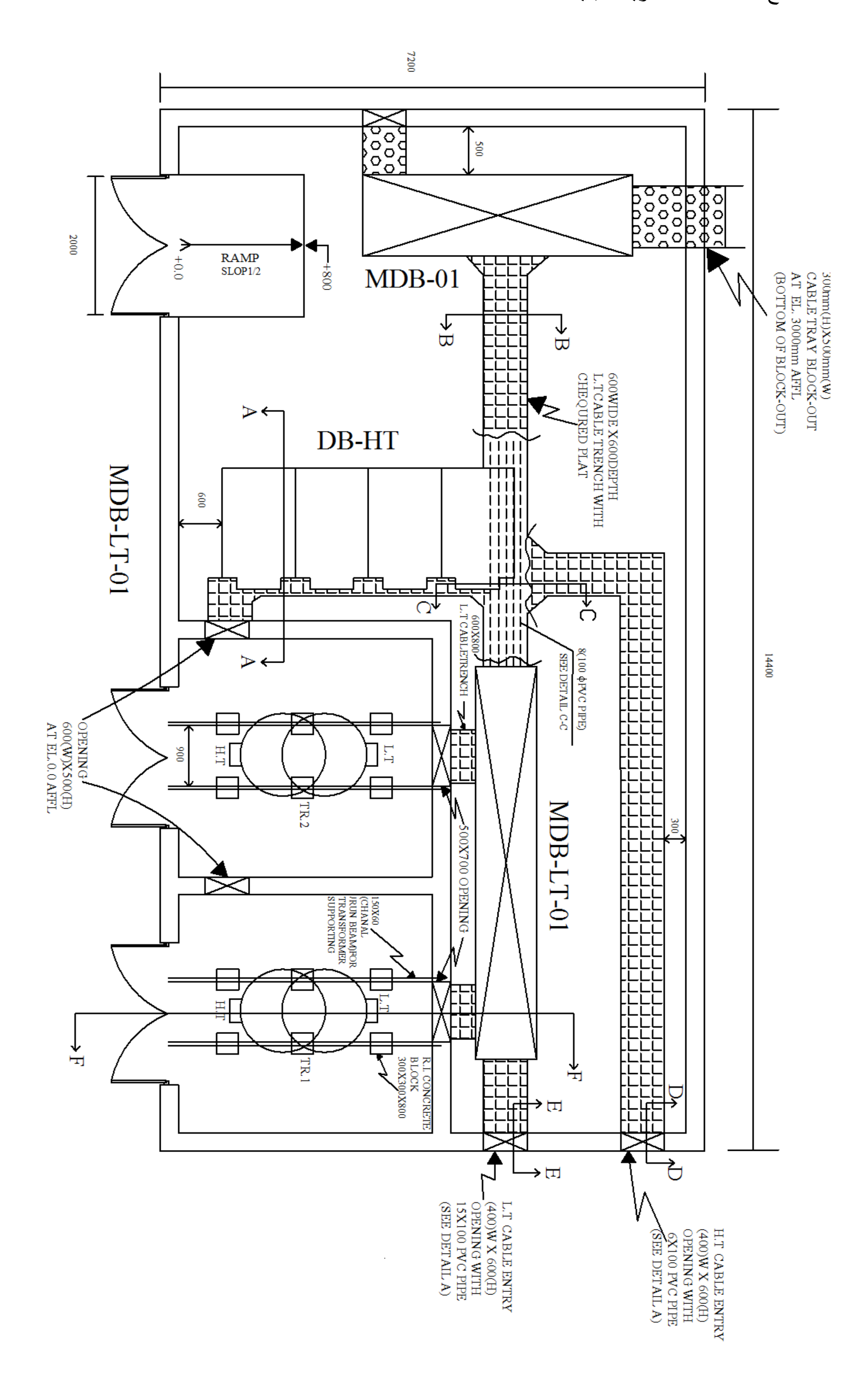
في كثير من دول العالم وخاصة في ألمانيا ودول الخليج لا تسمح الأنظمة الكهربائية فيها إنشاء المحطات الثانوية ضمن أو داخل الأبنية ، وإنما تنشأ في الفراغات أو الساحات القريبة من البناية حيث تصمم لها بناية أوغرفة مشابهة لتلك التي تم شرحها في البند السابق ، ويبين الشكل (9-20) محطة ثانوية مبنية خارج الأبنية التي تغذيها هذه المحطة. ويكون بناء المحطة من النوع التقليدي الدارج في ذلك البلد من الطابوق (الطوب) أو البلوك الكونكريتي (الإسمنتي) أو البناء الجاهز . ويتم البناء ضمن ضوابط ومواصفات فنية تلزم مؤسسات أو شركات توزيع الكهرباء بها أصحاب الأبنية . وهناك نوع آخر من المحطات الثانوية الجاهزة مصنعة مسبقا في مصانع الشركات المتخصصة بسعات مختلفة تسمى محطات نوع كيوسك Kiosk type substations وتنصب هذه المحطات في العراء Outdoor لتغذية الأبنية والمنشآت ، ويوضح الشكل (9-21) واحدة من هذه المحطات . وتمتاز هذه المحطات بسهولة التجهيز والنصب وكذلك سهولة تبديلها كليا أو جزئيا إذا دعت الحاجة لذلك .



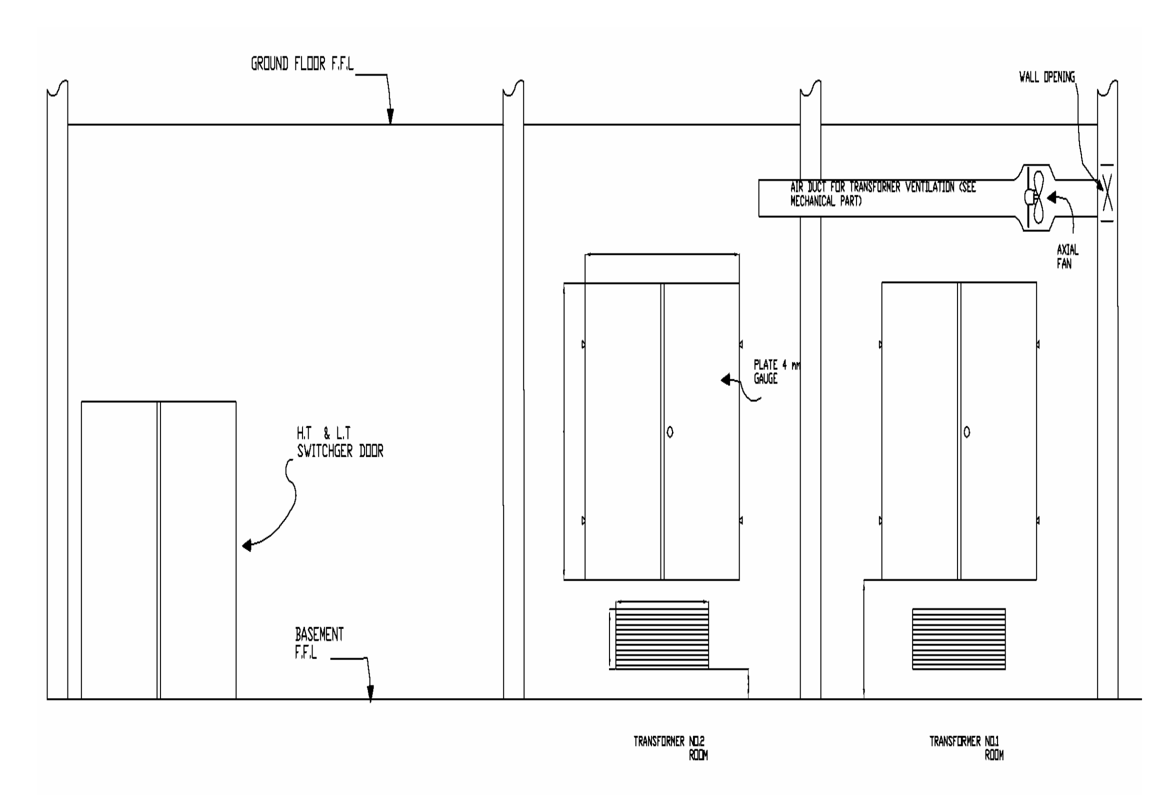
الشكل (9-12) تصميم للوحة توزيع فولتية منخفضة لبناية متعددة الطوابق حاوية على أجهزة تحويل تلقائية لمولد طوارئ وخوازن متسعات لتعديل عامل القدرة .



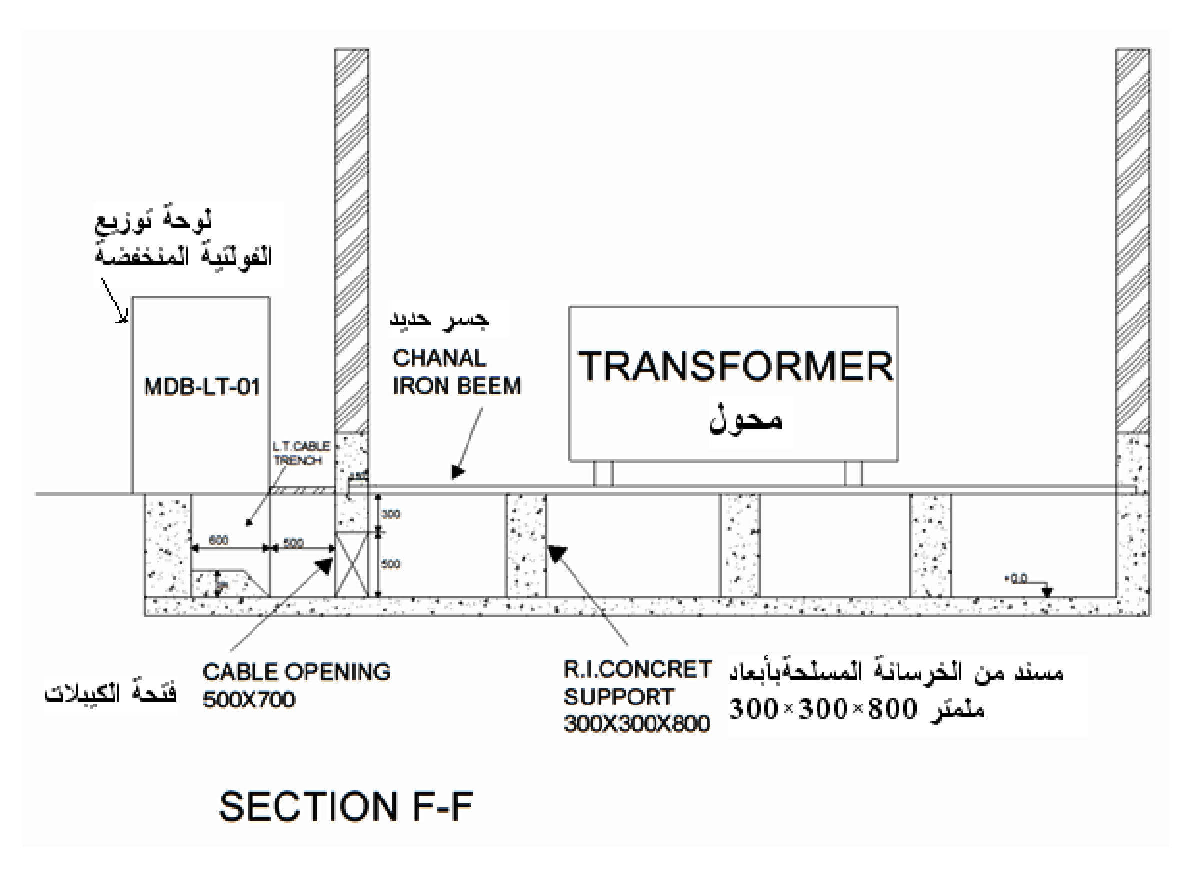
الشكل (13-9) تصميم للوحة توزيع فولتية منخفضة لبناية متعددة الطوابق تم فيه بيان أسلوب ربط مولد الطوارئ ومحولات القدرة وتفاصيل الحماية وأجهزة القياس .



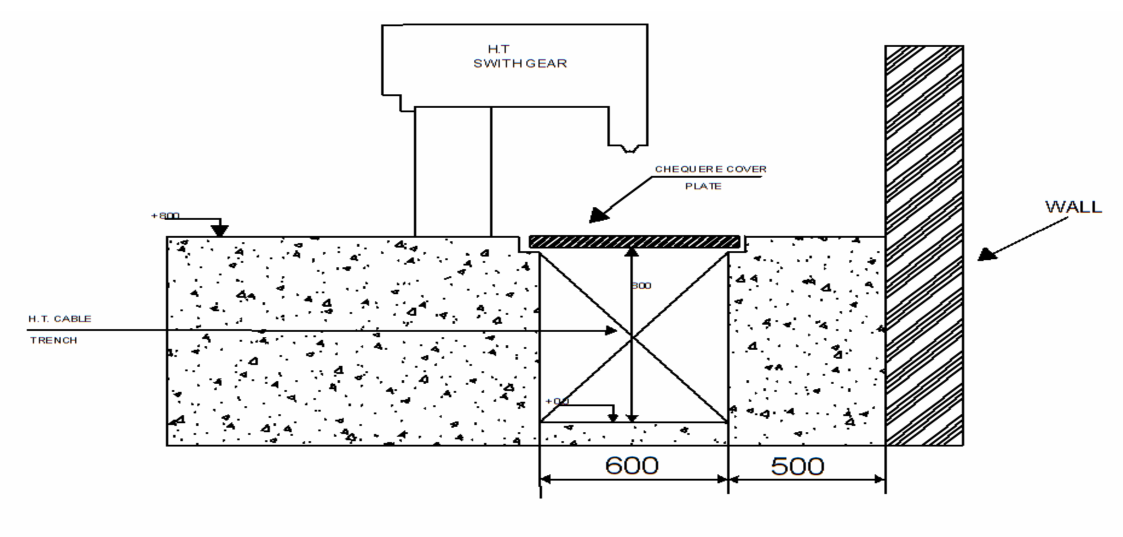
الشكل (9-14) المخطط الإنشائي لمحطة ثانوية ذات محولين .

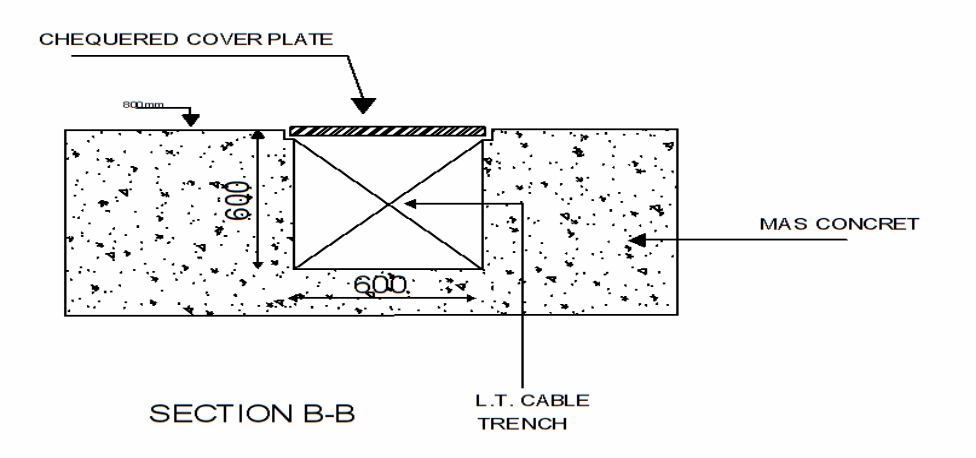


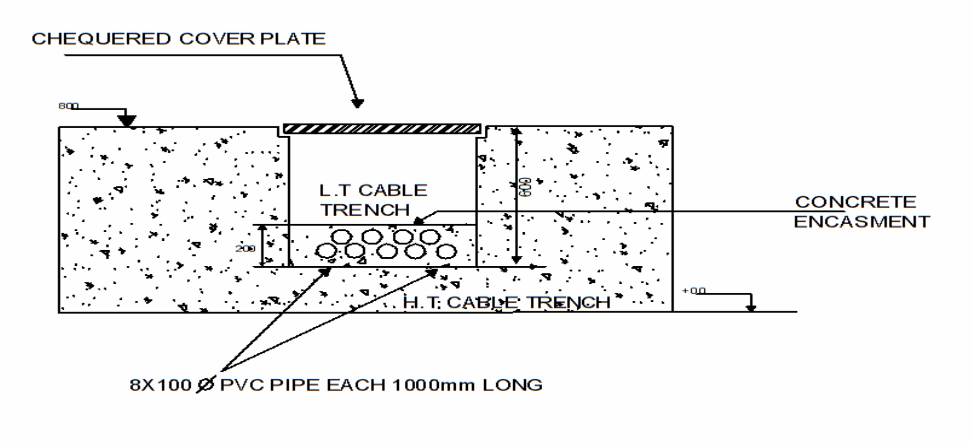
الشكل (9-15) المنظورالأمامي لغرفة المحطة الثانوية .



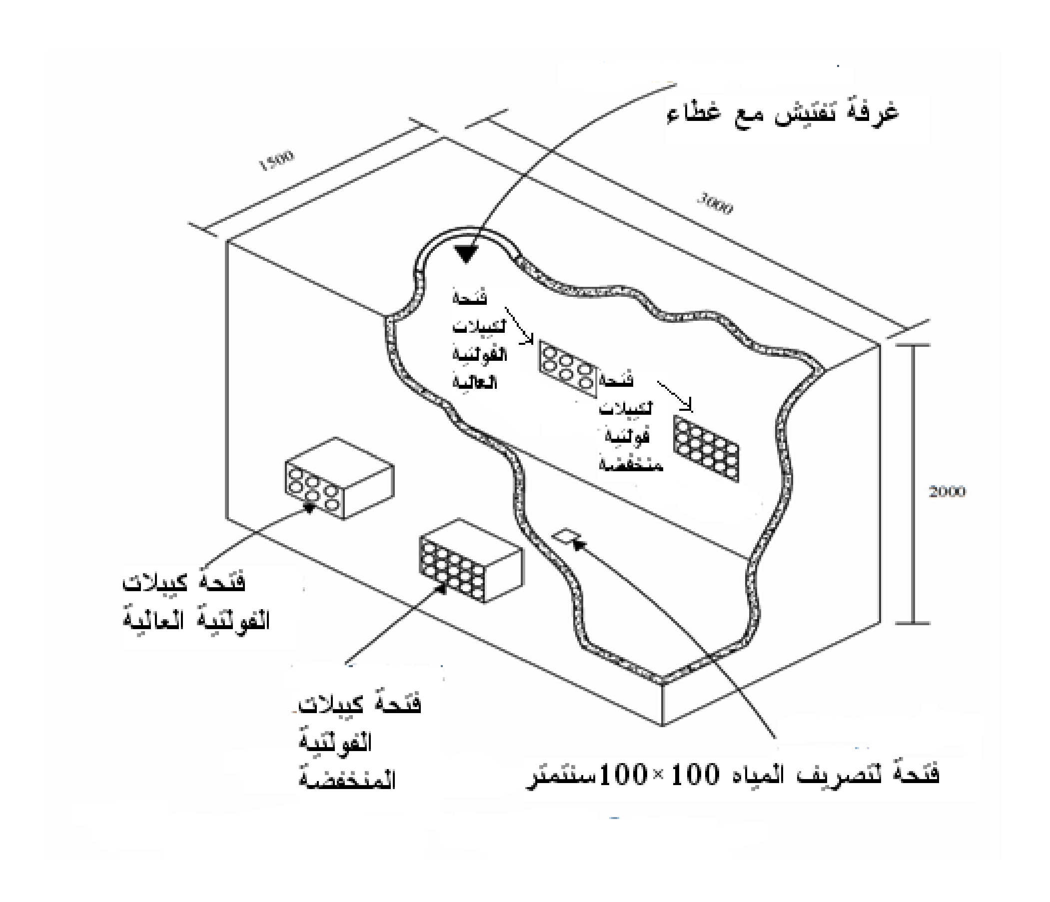
الشكل (9-16) المقطع العرضي لحوامل المحول .



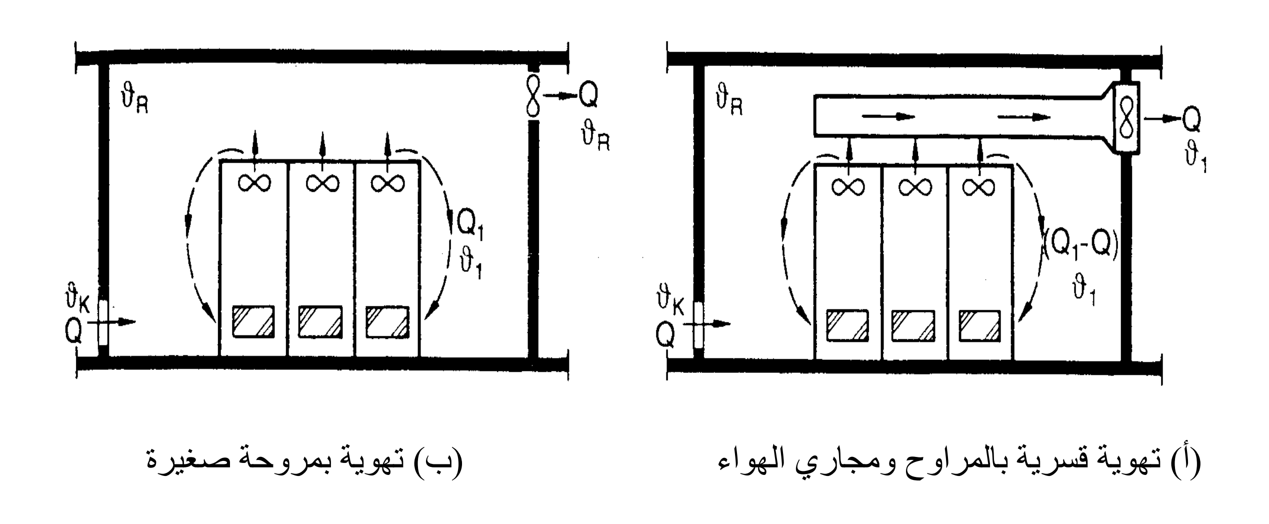




الشكل (17-9) مقاطع إنشائية لغرفة المحطة .



الشكل (9-18) فتحة تفتيش Manhole كبيرة خاصة بدخول وخروج الكيبلات الى غرفة المحطة .



(أ) تهوية قسرية بالمراوح ومجاري الهواء

(ب) تهوية بمروحة صغيرة

الشكل (9-19) نماذج عملية لتهوية غرف لوحات التوزيع .



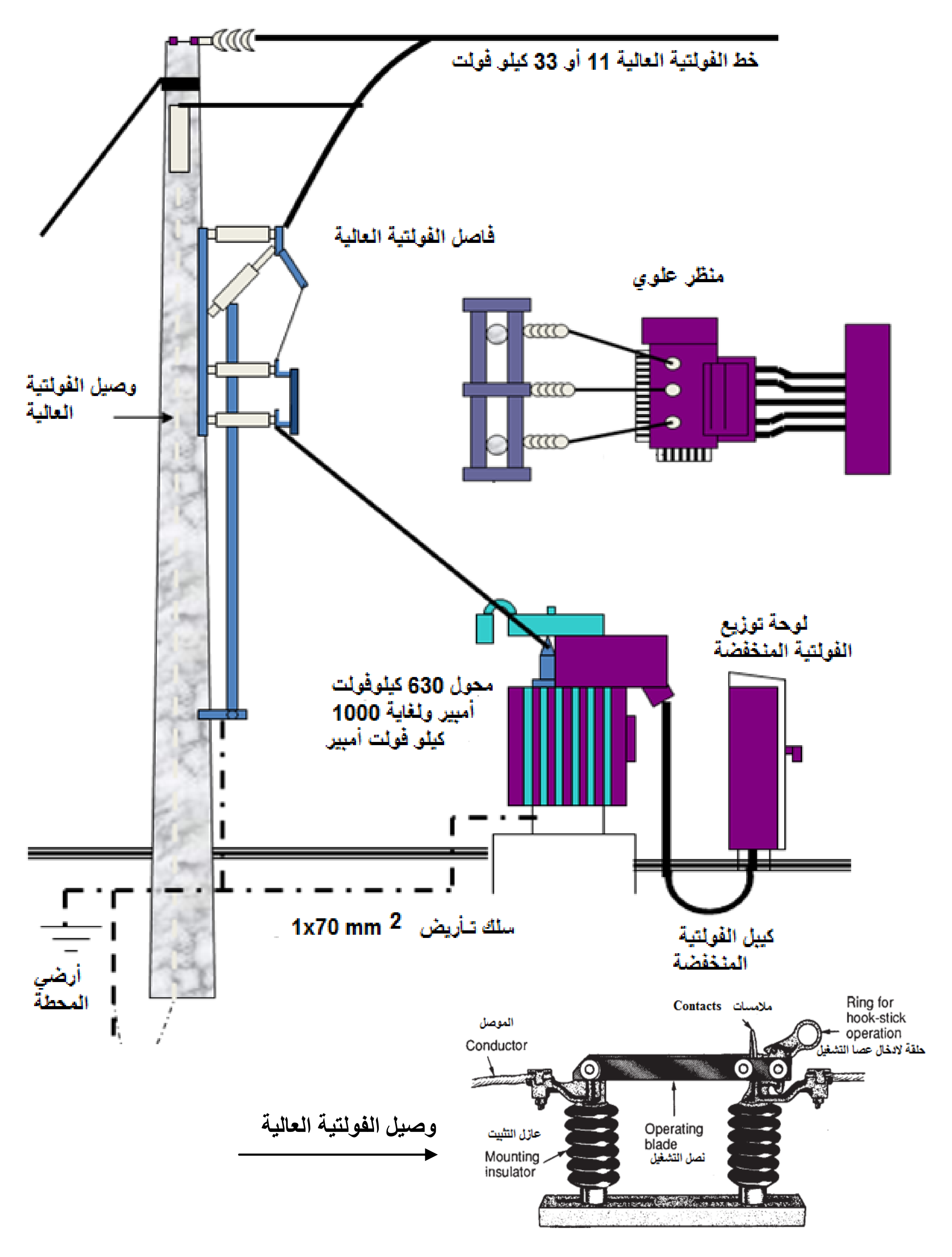
الشكل (9-20) محطة ثانوية مبنية خارج الأبنية .



الشكل (9-21) محطة ثانوية نوع كيوسك منصوبة خارج الأبنية .

9- 5 أنواع أخرى من المحطات الثانوية

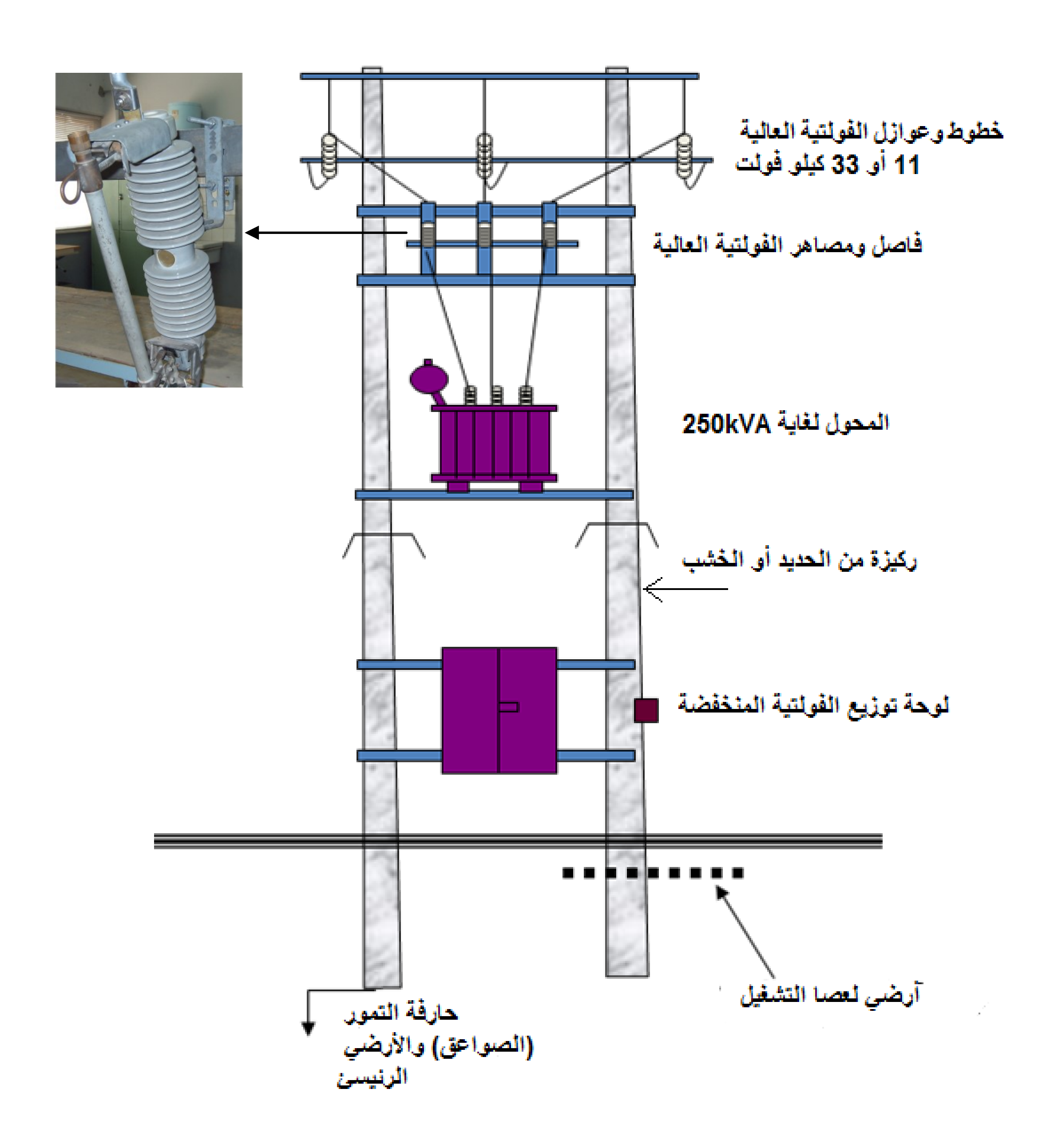
- محطة توزيع خارجية أرضية : تنصب هذه المحطة في العراء كما موضحة في الشكل (9-22)، وتغذى بواسطة خط هوائي معلق للفولتية العالية أو المتوسطة . وتتميز هذه المحطة برخص ثمنها كونها لاتحتاج لبناية خاصة سوى قاعدة إسمنتية وسياج واقي وباب مناسب لإدخال المعدات.



الشكل (9-22) مكونات محطة ثانوية خارجية أرضية .

- **محطة ثانوية خارجية محمولة على أعمدة Pole Mounted Substation**

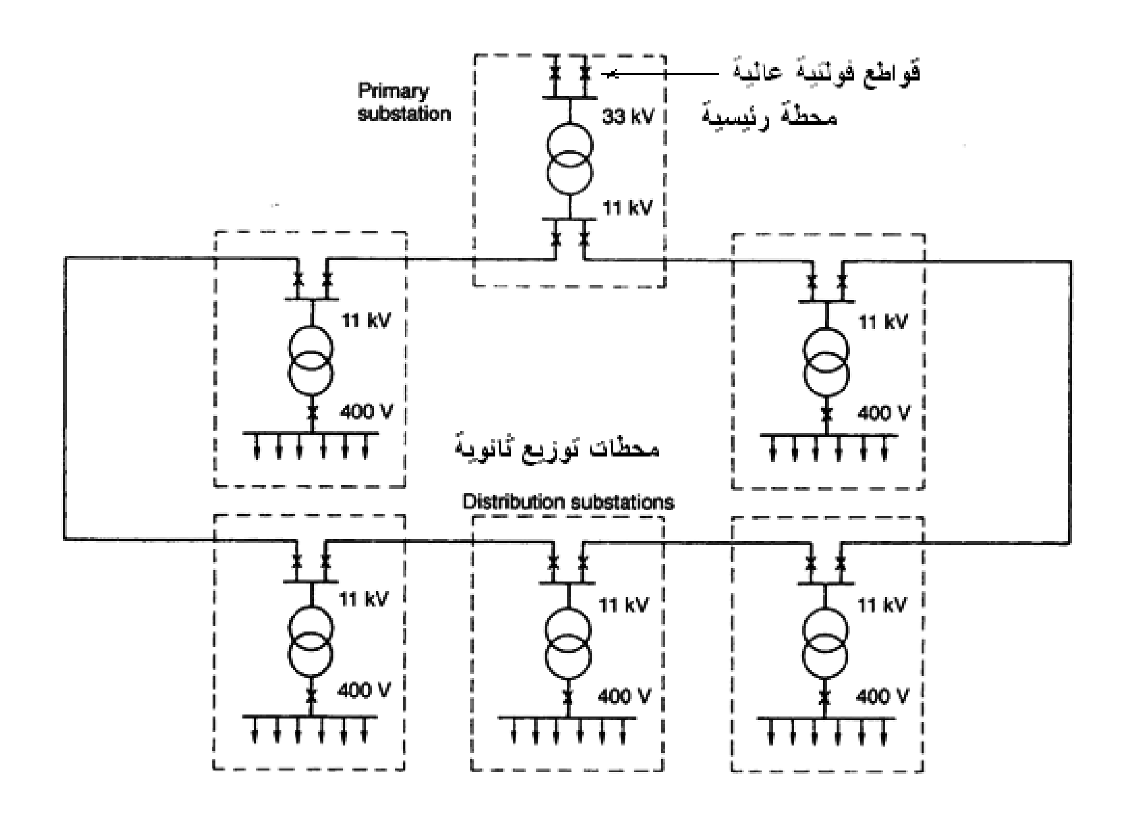
وهي أرخص وأبسط أنواع المحطات الثانوية وتستخدم في مناطق الأرياف والمناطق السكنية البعيدة عن المدن وكذلك في كهربة معسكرات الجيش الوقتية . وتستخدم لمحولات لغاية سعة 250 كيلو فولت أمبير . أما المحولات الأكبر ولغاية 1000 كيلو فولت أمبير فتستخدم فيها ركيزة رباعية (ذات اربع قوائم) لكي تستطيع حمل المحول الكبير.ويوضح الشكل (9-23) هذه المحطة البسيطة.



الشكل (9-23) محطة ثانوية خارجية محمولة على أعمدة .

9- 6 نظم ربط المحطات الثانوية المتعددة وتغذيتها

تغذى المحطات الثانوية للأبنية من المحطات الثانوية الرئيسية (132 / 11 ك .ف أو 33 / 11 ك.ف ، حسب المتيسر) ويفضل أن تربط هذه المحطات فيما بينها ربطا حلقيا وليس ربطا شعاعيا كما مبين في الشكل (9-24) وذلك لضمان إستمرارية تجهيز القدرة عندما يفشل أحد المغذيات نتيجة العطل ، حيث يقوم المغذي الثاني بتجهيز القدرة لجميع المحطات .



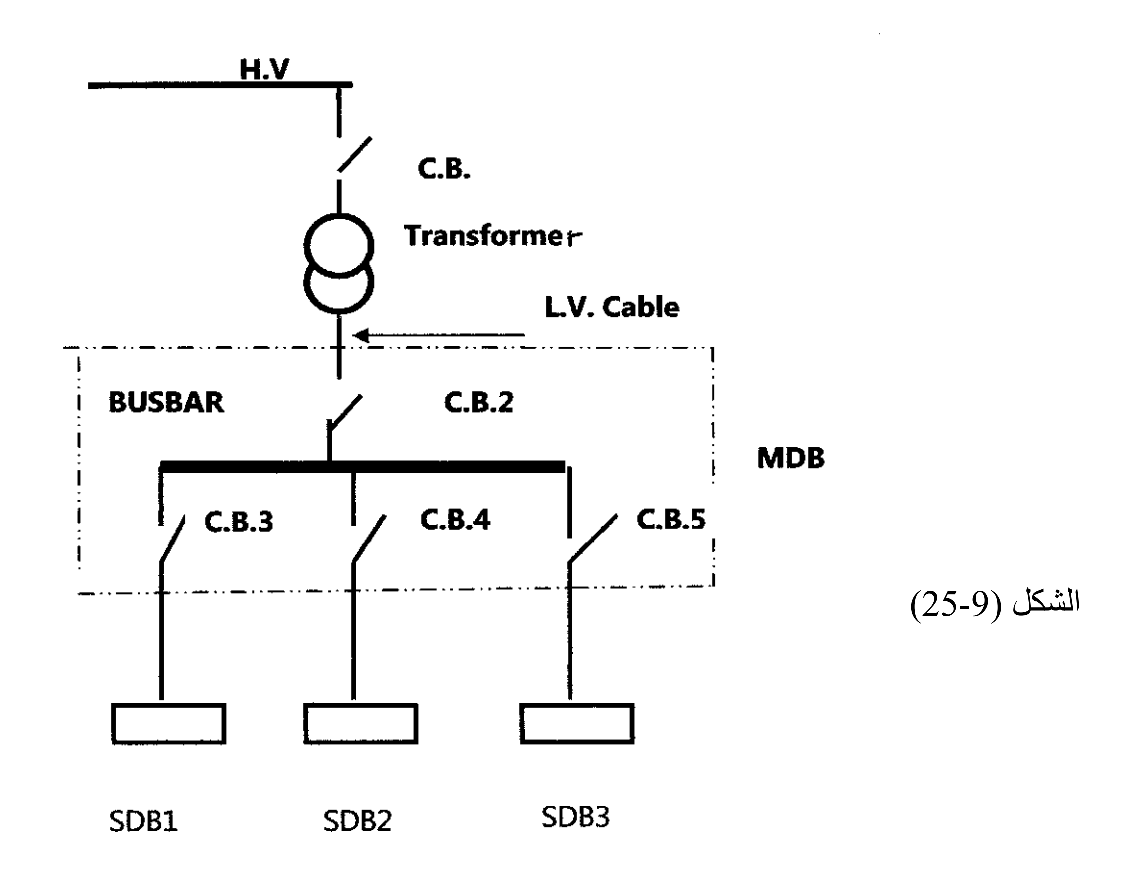
الشكل (9-24) تغذية المحطات الثانوية بإسلوب الربط الحلقي لضمان إستمرارية تجهيز القدرة.

9-7 مثال تصميمي لحسابات المحطات الثانوية

في الشكل(9–25) الذي يوضح محطة ثانوية تغذي بناية كبيرة متعددة الطوابق تحتوي على لوحة توزيع رئيسية (MDB).هذه اللوحة تغذي بدورها ثلاث لوحات ثانوية SDB1 وSDB2 و SDB3 بأحمال وعوامل طلب كالآتي:

- حمل SDB1 = 200kVA بعامل طلب 100%.
- حمل SDB2 = 500kVA بعامل طلب 80%.
- حمل SDB3 = 350kVA بعامل طلب 70%.

إحسب قدرة المحول المطلوب وكذلك مقررات القواطع للفولتية العالية والمنخفضة وقضبان التوزيع (الباصبار) ومقاطع الكيبلات المطلوبة لكلا الفولتيتين العالية والمنخفضة (تصميم شامل).



الشكل (9-25)

الحل (التصميم) :

1. حساب الأحمال الكلية :مجموع الأحمال الظاهرية المربوطة إلى اللوحة الرئيسية MDB :

$$200+500+350 = 1050 \text{ kVA}$$

مجموع الحمل الحقيقي = مجموع (عوامل الطلب× الأحمال الظاهرية)

$$200\text{x } 100\% + 500\text{x}80\% + 350\text{x}70\% = 845 \text{ kVA}$$

وبفرض عامل تباين للمشروع =1 ، يكون الحمل الحقيقي على لوحة التوزيع الرئيسية هو :

$$845 \text{ x } 1= 845 \text{ kVA}$$

عليه نختار محول قدرة 1000kVA وبالمواصفات التالية :

الفولتية العالية : 11kV ، الفولتية المنخفضة : 400V ، النظام : Dyn11 ، التبريد بالزيت ، نوع التنصيب : داخلي Indoor.

2- اختيار سعات قواطع الدائرة :

- قاطع الفولتية العالية HVCB1 :

بما أن قدرة المحول هي 1000kVA ،هذا يعني أن التيار المسحوب من جهة الفولتية العالية 11kV سيكون :

$$I = \frac{kVA\ x\ 1000}{\sqrt{3}xV} = \frac{1000x1000}{\sqrt{3}x1100} = 52.48A$$

عليه نختار قاطع فولتية عالية مقرره 100 أمبير نوع SF6 أو VCB . أما مقرر الفولتية لها فيكون بموجب المواصفة الدولية IEC (1.1 بقدر الفولتية العاملة) أي 1.1x11000= 12000 V

وتجدر الإشارة إلى أن قواطع 12kV تصنع بمقررات 100A ، 200A ، 400A ، 600A ، 800A . ويفضل إختيار قاطع سعة 200A في هذه الحالة للتوسعات المستقبلية أو لسهولة الربط الحلقي مع البنايات المجاورة . لذا سنختار قاطع الدائرة للفولتية العالية ليكون بالمواصفات التالية :

12 kV , 200A , SF6 Circuit Breaker

- قاطع الفولتية المنخفضة الرئيسي C.B.2 400 فولت :

يحسب تيار القاطع كالآتي :

$$I_{LV} = \frac{kVAx\ 1000}{\sqrt{3}V_{LV}} = \frac{1000x1000}{\sqrt{3}x400} = 1443.4A$$

عليه نختار قاطع مقرره 1600 نوع MCCB ثلاثي الطور رباعي القطب 4P بفولتية 600V . وتتم معايرة هذا القاطع على تيار 1500A . ويكتب مقرره كما يأتي : (1600AF/1500AT) .

ملاحظة : تفرض بعض الدول بعد سنة 2008 استخدام القاطع الرئيسي من نوع RCBO بدل MCCB لتأمين الحماية ضد عطل الأرض وعطل قصر الدارة في وقت واحد .

- قاطع الفولتية المنخفضة الفرعي .C.B.3 400 فولت :

يغذي هذا القاطع لوحة التوزيع الثانوية SDB3 ويسحب تياراً مقداره :

$$I_{\mathrm{C.B3}} = \frac{245\mathrm{x}1000}{\sqrt{3}\mathrm{x}400} = 353.6\ \mathrm{A}$$

عليه نختار قاطع مقرره 400A نوع MCCB ثلاثي الطور رباعي القطب 4P بفولتية 600V . وتتم معايرة هذا القاطع على تيار 400A . ويكتب مقرره كما يأتي: (400AF/400AT) .

- قاطع الفولتية المنخفضة الفرعي 400 فولت C.B.4 :

يغذي هذا القاطع لوحة التوزيع الثانوية SDB2 ويسحب تياراُ مقداره :

$$I_{\text{C.B4}} = \frac{400\text{x}1000}{\sqrt{3}\text{x}400} = 577.36 \text{ A}$$

لذا نختار قاطع مقرره 600A نوع MCCB ثلاثي الطور رباعي القطب 4P بفولتية 600V . هذا وتتم معايرة القاطع على تيار 600A . ويكتب مقرره كما يأتي: (600AF/600AT) .

- قاطع الفولتية المنخفضة الفرعي .C.B.5 400 فولت :

يغذي هذا القاطع لوحة التوزيع الثانوية SDB1 ويسحب تيار مقداره :

$$I_{\text{C.B1}} = \frac{200\text{x}1000}{\sqrt{3}\text{x}400} = 288 \text{ A}$$

لذا نختار قاطع مقرره 300A نوع MCCB ثلاثي الطور رباعي القطب 4P بفولتية 600V .
وتتم معايرة هذا القاطع على تيار 300A . ويكتب مقرره كما يأتي: (300AF/300AT) .

- حساب مقررات (تقنين) قضبان التوزيع Bus bars :

يتم تحديد مقرر قضبان التوزيع بموجب مقرر القاطع الرئيسي حيث يؤخذ مقرر التيار للقضبان مرة ونصف بقدر مقرر القاطع أي أن :

مقرر قضبان التوزيع = 1.5 × مقرر القاطع الرئيسي = 1.5× 1600 = 2400 أمبير . لذلك نختار مقرر قضبان التوزيع (الباص بار) = 2500 أمبير .

- اختيار مقطع كيبل الفولتية العالية 11kV :

لغرض اختيار مقطع الكيبل للفولتية العالية ، ليس فقط نعتمد على التيار المسحوب وهو 52.48A الذي تم حسابه مسبقا لتحديد مقرر قاطع الفولتية العالية ، وانما يجب التأكد من أن مقطع الكيبل المختار يتحمل مستوى عطل قصر الدارة الذي تمت مناقشته في الفصل الثاني. إن تياراً مقداره 52.48A يكفيه كيبل قياس $3\text{x}10 \text{ mm}^2$ ، لكن هذا القياس قد لايتحمل مستوى العطل من جهة الفولتية العالية ، عليه يجب أولا حساب أصغر حجم كيبل يستطيع تحمل مستوى العطل وذلك باستخدام المعادلة الحرارية المعطاة في الفصل الثاني :

$$I_{\text{sc}} = \frac{\text{K.A}}{\sqrt{t}}$$

إن التيار I_{sc} يتم حسابه وفقا للمعادلة العامة المعطاة في الفصل السابع التالية :

$$I_{sc} = \frac{P_{sc}}{V\sqrt{3}} = \frac{(MVA)_{sc}}{\sqrt{3}V_{H.V}}$$

وبمساواة المعادلتين نجد ان :

$$A = \frac{(MVA)_{sc}\sqrt{t}}{K\sqrt{3}\,V_{H.V}}$$

حيث ان :

$P_{sc} = (MVA)_{sc}$ = قدرة القصر أو مستوى العطل لقصر الدارة في منطقة البناية ، وهذا يحدد من قبل شركة الكهرباء نفسها أو فرضه من قبل المصمم بحيث لا يقل عن 500 MVA لفولتية 11kV إذا لم تتوفر أية معلومات عنه.

ملاحظة: لفولتيات اقل من 25kV يستخدم مستوى عطل مقداره 500MVA.أما الفولتيات اكبر من 25kV فيستخدم مستوى عطل مقداره 1000MVA .

A= أقل مقطع عرضي بالملمتر المربع للكيبل المراد استخدامه.

$V_{H.V}$ = الفولتية العالية = 11000 فولت.

t = زمن الحماية أو زمن إفلات قاطع الفولتية العالية ويؤخذ عادة 0.25 ثانية.

K = 115 ثابت للنحاس لقصر الدارة (كما ورد شرحه في الفصل الثاني) .

وبتعويض القيم أعلاه نجد أن أصغر حجم كيبل ليتحمل مستوى عطل 500MVA هو:

$$A = \frac{500x10^6}{115x\sqrt{3}x11x10^3}\sqrt{0.25} = 114.18\ \text{mm}^2$$

عليه نختار كيبل قياس $3x120\ mm^2$ مسلح نوع XLPE أو PVC . وبالرجوع الى جداول سعات حمل التيار للشركات المصنعة لكيبلات الفولتية العالية ، نجد أن هذا القياس يستطيع حمل تيار مقداره 285A وهو أكبر من التيار المطلوب لجهة الفولتية العالية (52.48A) .

- اختيار مقطع كيبل الفولتية المنخفضة للمحول:

لقد تم حساب مقدار التيار لجهة الفولتية المنخفضة من المحول (400V) وكانت قيمته 1443.4A .إن هذا التيار لا يستطيع حمله كيبل واحد فقط لأن قيمته كبيرة ، لذا نختار عدة كيبلات بقياس معين تربط على التوازي لأجل اقتسام هذا التيار الكبير . عليه نختار قياس متوسط المقطع وسهل التعامل وهو $1x300\ mm^2$ نوع PVC مثلا . وبفرض أن طريقة تمديد هذا الكيبل هي من نوع C (مثبت في الهواء على حامل كيبلات أفقي وبدرجة حرارة 45 درجة مئوية) نجد ان سعة حمله للتيار إذا مد بتشكيلة مستقيمة هي 560 أمبير بدرجة حرارة 30 مئوية (الجدول (2-9) – الفصل الثاني ،لاحظ أن الجدول يأخذ بعين

الإعتبار عامل المجموعات لأكثر من كيبل إذ أن الكيبل لوحده يتحمل تيار 717 أمبير) . وبأخذ عامل تصحيح لدرجة الحرارة من الجدول (2- 18) وهو 0.79 ، تكون سعة حمل التيار الفعلية للكيبل المذكور هي :

$$560x0.79 = 442.4A$$

عليه فإن عدد الكيبلات المطلوبة للطور الواحد من قياس $1x300mm^2$ هو:

$$\frac{1443.4}{442.4} = 3.26 \text{ cables}$$

وبما أنه لايمكن استخدام هذا الرقم الكسري فيتم تصحيحه إلى الرقم الأعلى وهو 4 .لذا يستخدم لكل طور من الأطوار الثلاثة أربعة كيبلات من قياس (1×300 ملم^2) تربط على التوازي . أما الخط المحايد (nuetral) فيكون نصف هذا العدد إذا كان نوع الحمل خطيا ، أما إذا كان الحمل غير معروف فيفضل أن يكون المحايد بالعدد نفسه للطور . على هذا الأساس يكون حجم الكيبل المطلوب هو:

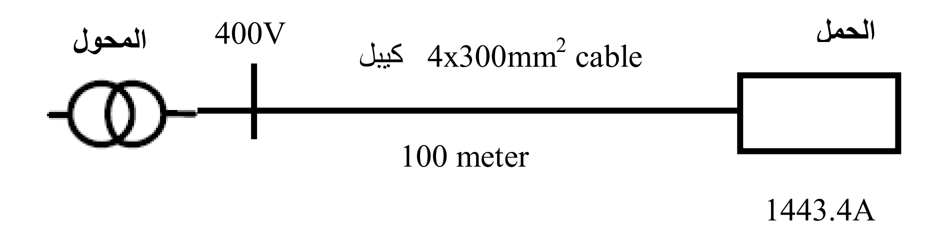
$$. 3x4x(1x300) + 4x(1x300)\ mm^2$$

ويمكن للمصمم أن يختار أي حجم آخر مثل $240mm^2$ أو $400mm^2$ ويقوم باجراء الحسابات نفسها في أعلاه. ولفائدة المصمم نعطي الجدول التالي إضافة للملحق ليسهل عليه عملية اختيار حجم الكيبل للتيارات العالية لكيبلات مفردة بفرض أن طريقة مد هذا الكيبل هي من نوع C (مثبت في الهواء على حامل كيبلات أفقي وبدرجة حرارة 45 درجة مئوية) حيث تم أخذ عامل التجاور للمجموعات بعين الإعتبار :

التيار بالأمبير	مساحة المقطع العرضي المطلوب للكيبل من نوع PVC
700	**3x2x(1x240) + 2 x240**
1000	**3x2x(1x400)+ 2x400**
1300	**3x3x (1x300) + 3x300**
1500	**3x4x(1x300) + 4x300**
2000	**3x4x(1x400) + 4x400**
2500	**3x5x(1x400) +5x400**

ولأجل التأكد من ان حجم الكيبل 300ملم^2 المستخدم يستطيع تحمل تيار قصر الدارة في جهة الفولتية المنخفضة للمحول أم لا ، سوف نجري حساباً سريعاً لمعرفة تيار قصر الدارة من المعادلة البسيطة المعطاة في الفصل الثاني وكالآتي:

نفرض ان لوحة التوزيع MDB تبعد مسافة لاتقل عن 100 متر عن المصدر (المحول) ونرسم المخطط البسيط الآتي :



الحمل الكلي للوحة التوزيع = 1443.4A

الكيبل المستخدم : $4x300mm^2$

فولتية المصدر = 400V

المسافة بالأمتار : 100

الحمل على الكيبل المفرد الواحد $1x300\ mm^2$:

$$I = \frac{1443.4}{4} = 360A$$

الآن نحسب الهبوط بالفولتية على الكيبل المفرد { باستخدام جدول هبوط الفولتية للكيبلات – الجدول (2- 24) فولت/امبير / متر- الفصل الثاني } نجد أن هبوط الفولتية للكيبل قياس 300 ملم2 هو 0.14 ملي فولت /أمبير/متر . لذا فإن هبوط الفولتية لمسافة 100 متر سيكون:

$$\Delta V = \frac{0.14x360x100}{1000} = 5.04\ V$$

مقاومة الكيبل Rc من المصدر الى الحمل (بإهمال المفاعلة للكيبل Xc) = هبوط الفولتية ÷التيار

$$R_c = \frac{\Delta V}{I} = \frac{5.04}{360} = 0.014\ \Omega$$

عليه يكون تيار القصر على طرف الحمل:

$$I_{sc} = \frac{V}{R_c} = \frac{400}{0.014} = 28.571\ kA$$

هذه هي قيمة التيار اللامتماثل لتيار قصر الدارة ، أما قيمة التيار المتماثل والتي يجري عليه حسابات قصر الدارة فيؤخذ بقيمة 2.5Isc حسب النظام الدولي IEC أي أن :

$$I_{(sc)sym.} = 2.5\ xI_{sc} = 2.5\ x\ 28.571 = 71.427\ kA$$

وباستخدام المعادلة الحرارية للكيبلات المعروفة :

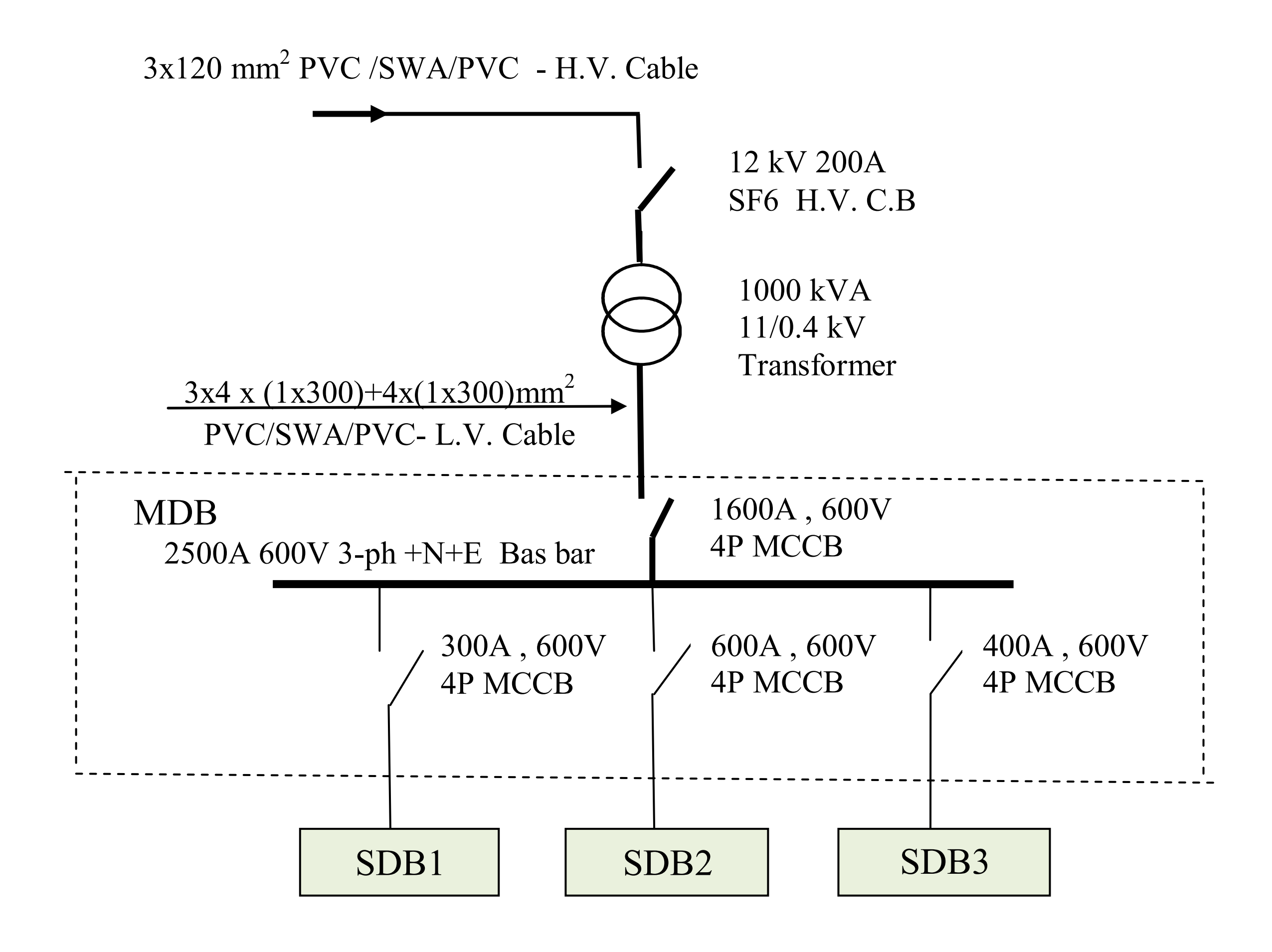
$$I_{(sc)sym} = \frac{K.A}{\sqrt{t}}$$

نجد أن أصغر حجم كيبل يستطيع تحمل تيار 71.427 kA لمدة عشر الثانية (على فرض أن زمن إفلات القاطع الرئيسي للفولتية المنخفضة منظم على 0.1 ثانية أي يفلت قبل قاطع الفولتية العالية الذي تم فرضه منظماً على زمن 0.25 ثانية) لذا:

$$A = \frac{71427x\sqrt{0.1}}{115} = 196\ mm^2$$

إن هذا القياس هو أصغر من القياس المختار وهو 300 ملم2 لذا يكون اختيارنا صحيح .

على هذا الأساس فإن خلاصة التصميم ستكون كما موضحة في الشكل (9-26) الآتي:



الشكل (9-26) .

9- 8 منظومات التوزيع الكهربائية للمنشآت الصناعية

تعتمد معظم المنشآت الصناعية عموما على الطاقة الكهربائية في تشغيلها ،عليه فإن جودة واستمرارية الطاقة وتوفير وثوقية (Reliability) عالية في الشبكة هي من أهم شروط التصميم الجيد لشبكات التغذية الكهربائية للمنشآت الصناعية مع مراعاة الجانب الأقتصادي أيضا . ويتم تحديد اقتصاديات المنظومة من خلال تقليص التكلفة السنوية بينما يتوقف مستوى وثوقية التغذية على تثمين الوثوقية للحمل الكهربائي وخواصه الإنتاجية, إذ يؤدي التقدير غير الدقيق لتلك البيانات إما إلى خفض وثوقية منظومة التغذية أو إلى الزيادة غير الضرورية في الكلفة وبالتالي الى تصميم ذي كلفة عالية . وعموما فإنه على المصمم أن يدرس عدة بدائل لمنظومة التغذية ويختار أنسبها من خلال دراسات الجدوى الفنية والإقتصادية في آن واحد.ولكن قبل الشروع في شرح التغذية الكهربائية للمنشآت يجب الأشارة الى أن هناك متطلبات يستوجب تحقيقها لغرض تصميم شبكاتها الكهربائية وهذه المتطلبات تتلخص بما يأتي .

1- المتطلبات الأساسية:

لتصميم منظومات التغذية الكهربائية للمنشآت الصناعية توجد متطلبات أساسية يجب معرفتها وهى:

- نوعية المنشأة والطلب على الطاقة الكهربائية (نوع التيار ، الفولتية ، الوثوقية ..... الخ).
- خواص البيئة المحيطة
- حساب الأحمال الكهربائية لمجموعات مستهلكي الطاقة الكهربائية و تحديد الفولتية المناسبة لشبكة التغذية للمنشأة .
- تحديد النوع الأمثل لمحولات القدرة في محطة المحولات الرئيسية ومحولات التوزيع واعدادها وقدراتها.
- الربط بين محطة المحولات الرئيسية والموزع الرئيسي .
- مخطط معدات التوزيع للفولتية العالية في محطة المحولات الرئيسية (الموزع الرئيسي) .
- حساب تيارات قصر الدارة واختيار معدات القطع والحماية فى شبكة الفولتية المتوسطة .
- حساب تيارات قصرالدارة فى شبكة الفولتية المنخفضة واختيار معدات الحماية وقواطع الدورة الرئيسية .
- تصميم شبكة الفولتية المنخفضة .
- حساب منظومة التأريض بمحطة المحولات الرئيسية والموزع الرئيسي والمحطات الثانوية المساعدة .

2- المتطلبات الإضافية

توجد متطلبات إضافية تعتمد على الطاقة الكهربائية وطبيعة الأحمال يمكن تلخيصها فيما يأتي :

- دراسة جودة الطاقة الكهربائية والإجراءات الكفيلة بالحفاظ على الجودة فى حدود المواصفات القياسية .
- تعويض القدرة المتفاعلة (المراكسة) kVAr وتحسين عامل القدرة.
- خفض الفقد فى القدرة الى المستويات الدنيا المقبولة .
- دراسة خواص بدء الحركة للمحركات الكهربائية وتأثير ذلك على منظومة التغذية الكهربائية .
- تنظيم وإجراء الصيانة الوقائية للمعدات الكهربائية .
- دراسة التحكم والقياس عن بعد لمنظومة التغذية الكهربائية .

3- متطلبات الجدوى و الأمان

وتشمل هذه المتطلبات :

- الجدوى الفنية والإقتصادية لمنظومة الشبكات المعتمدة وبدائل المعدات الكهربائية المستخدمة .
- الإجراءات اللازمة لتوفيرالأمان أثناء نصب وربط المعدات الكهربائية بمنظومة التغذية الكهربائية ومتطلبات مكافحة الحريق والحفاظ على المنشأة من الأخطار .

9-8-1 البيانات الأساسية لإختيار شبكات التغذية

لأجل اختيار شبكة التغذية الملائمة يجب توافر البيانات التالية :

- المخطط العام للمنشأة الصناعية مبينًا عليه مواقع الورش وطرق النقل الداخلي والمساحات الخضراء والمواسير(الأنابيب) فى باطن الأرض والمباني الأخرى .
- الخواص التكنولوجية لعمليات الإنتاج بالمنشأة والورش المختلفة وتقديرات تأثير انقطاع التيارعلى العملية الإنتاجية .
- الأحمال الكهربائية للورش بدلالة القدرة المركبة $S = P + jQ$ (القدرة المقررة وعامل القدرة والكفاءة والفولتية المقررة).
- منحنيات الأحمال للمنشأة والورش المختلفة خلال أيام العمل صيفًا وشتاءًا .
- مخطط مواقع المعدات المنصوبة في الورش وبيانات خواص البيئة بالورش (مستوي احتراق مواد البناء والمباني ورطوبة الجو ووجود مواد كيميائية فعالة .. الخ) .
- البيانات التالية عن مصادر التغذية الكهربائية المتوفرة للمنشأة :

1. محطات التوليد أو محطات التحويل القريبة من المنشأة وقدراتها .

2. ممانعة مصدر التغذية ومستوى عطل قصر الدارة على قضبان التوزيع للمصدر أو سعة القطع لقواطع الدائرة للمصدر .
3. الفولتية على قضبان التوزيع لمصدر التغذية
4. القدرة المتاحة من المصدر للمنشأة
5. المسافة بين مصدر التغذية والمنشأة

- مقدار القدرة المتفاعلة (المراكسة) Reactive power المتاحة من مصادر التغذية للمنشأة فى حالتي الحمل القصوى والدنيا .

2-8-9 اختيار مصادر التغذية

تعتبر محطات التوليد وشبكات الربط والتوزيع لشركة الكهرباء مصادر التغذية الرئيسية للمنشآت الصناعية . وفى حالة وجود مجموعات خاصة من الأحمال الكهربائية (أفران قوس كهربائي .. مثلا) أو عدم كفاية قدرة المصدر الرئيسي , يتم بناء محطات توليد خاصة بالمنشأة والتى تتحدد سعتها بالهدف من إنشائها ويمكن أن تتفاوت سعاتها وأنواعها ضمن حدود واسعة وتبني هذه المحطات من النوع الحراري (محطات تعمل بوقود الديزل مثلا) فى المنشآت ذات الأحمال الكبيرة ، ويتحدد الموقع الأمثل لبناء محطة التوليد الخاصة هذه بالقرب من مركز الأحمال الكهربائية .

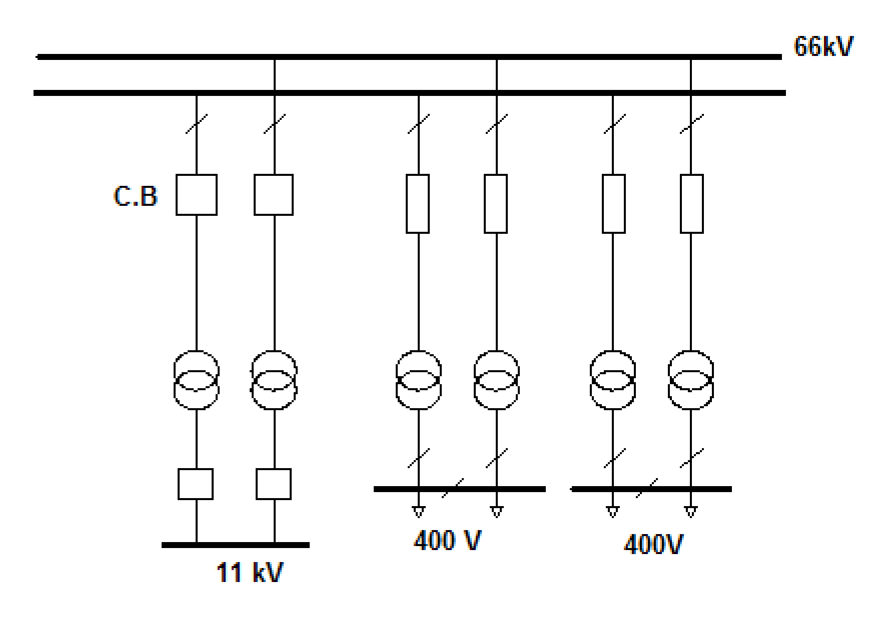
وفى حالة المنشآت الصناعية ذات أحمال مهمة جدا ، عندئذ يجب توفير مصدرين مستقلين في الأقل لتغذية المنشأة .

3-8-9 اختيار شبكة التغذية الرئيسية

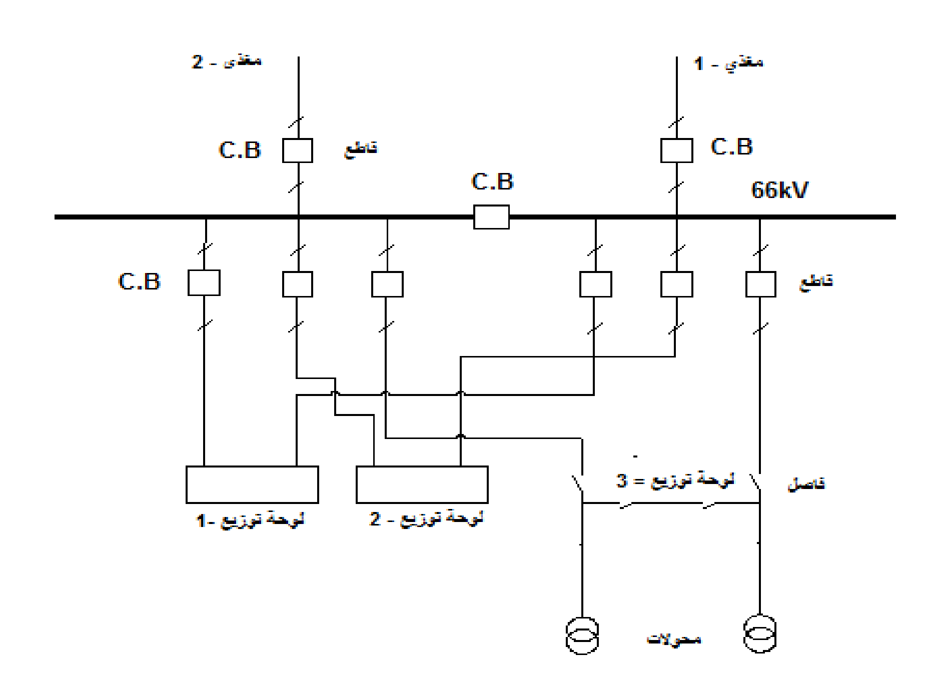
تقسم المنشآت وفقا لإستهلاكها للقدرة المركبة إلى منشآت كبيرة (75ميغا واط فأكثر) ومنشآت متوسطة القدرة (5-50 ميغا واط) و منشآت صغيرة (أقل أو مساوية الى 5 ميغا واط) . وبصورة عامة فإن شبكة التغذية الرئيسية في المنشآت الصغيرة والمنشآة متوسطة القدرة تصمم بموقع واحد لإستلام القدرة الكهربائية (محطة محولات رئيسية أو موزع رئيسي) , وفى حالة وجود أحمال تتطلب وثوقية عالية يتم تجزئة قضبان محطة الإستلام ويتم تغذية كل جزء من خط مستقل . وفي المنشآت الصناعية الكبيرة تصمم شبكة التغذية الرئيسية بموقع استلام واحد أو أكثر.

أما فى المنشآت ذات القدرة المتوسطة والكبيرة والتى تستلم التغذية من شبكات الربط (66 كيلوفولت) والنقل (132كيلوفولت أو أكثر) فيجب التوسع فى استخدام منظومات التغذية العميقة التى تتميز بوصول الفولتية العالية إلى أقرب ما يمكن لمراكز الأحمال ، حيث تخترق خطوط التغذية العميقة حدود المنشأة وتخرج منها تفريعات إلى عدة محطات محولات تغذية بعيدة تقام بالقرب من مراكز الأحمال .

ويتم توزيع الطاقة الكهربائية بمعدات توزيع فولتية متوسطة نمطية ، وتبنى التغذية العميقة على شكل خطوط هوائية رئيسية كما موضحة في الشكل (9-27) أو على شكل خطوط شعاعية هوائية أو كيبلات أرضية ، الشكل (9-28) .



الشكل (9-27) مخطط التغذية العميقة بمغذيات رئيسسية بفولتية 66 كيلوفولت.

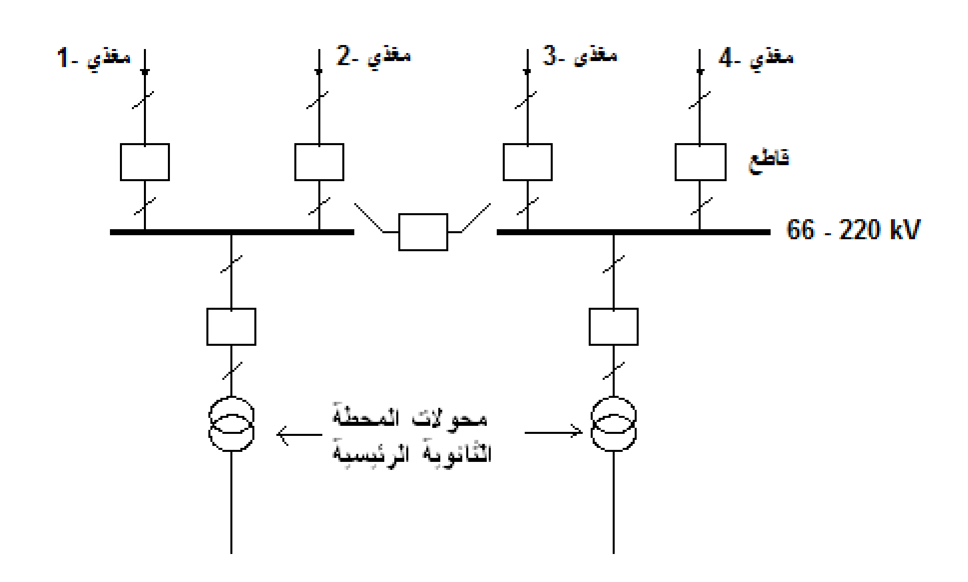


الشكل (9-28) مخطط التغذية العميقة بمغذيات شعاعية .

9-8-4 اختيار محطة المحولات الرئيسية

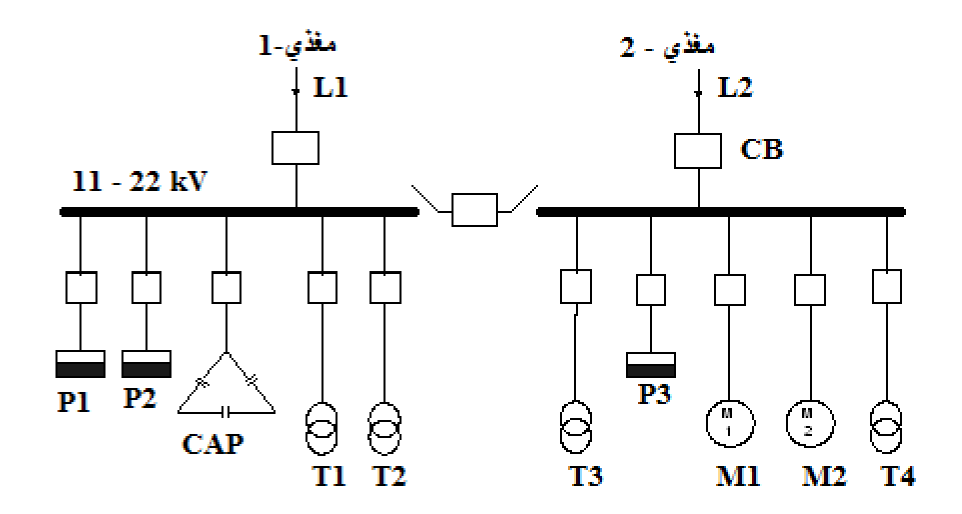
تصمم محطة المحولات الرئيسية وفقًا للقدرة المركبة للمنشأة ومستوى الوثوقية والتجهيز المستمر للقدرة وكذلك نوعية الأحمال وتوزيعها داخل حدود المنشأة طبقًا لمتطلبات الإنتاج ومنظومات التشغيل . وعمومًا فإن محطة المحولات الرئيسية قد تشتمل على محول واحد أو عدة محولات ومعدات القطع والتوصيل Switchgears للفولتية العالية والمتوسطة . وأبسط المحطات تلك التى لا تحتوي على معدات قطع للفولتية العالية حيث تزود هذه المحطات بوحدات مدمجة (محول متكامل مع معدات القطع للفولتية العالية) ويمكن استخدامها على جميع الفولتيات .

وعندما يتعذر استخدام الوحدات المدمجة بدون قواطع دائرة وقضبان توزيع، تصمم محطات المحولات الرئيسية بمجموعة واحدة من قضبان التوزيع المجزأة على جهة الفولتية العالية ، أنظر الشكل (9-29) . وتستخدم محطات المحولات الرئيسية التي تحتوي على قواطع للفولتية العالية فى حالات نادرة فى المحطات عالية القدرة الحاوية على العديد من مغذيات الخروج والدخول .



الشكل (9-29) مخطط محطة المحولات الرئيسسية بمعدات قطع (66-220 كيلو فولت)
ومجموعة قضبان توزيع واحدة مجزأة.

يكثر استخدام منظومات قضبان التوزيع المجزأة أو المقسمة Sectionalized في جهة الفولتية المتوسطة أو العالية فى محطات المحولات الرئيسية ، الشكل (9-30) . ويعتمد تقسيم القضبان على عدد مغذيات الدخول والخروج ومنظومة توزيع القدرة الكهربائية داخل المنشأة . وفى كل الأحوال يجب أن لا يزيد عدد أقسام القضبان عن إثنين ، حيث يعمل كل قسم بصورة مستقلة في حالة التشغيل الاعتيادي . ويغذى من خط أو محول مستقل .



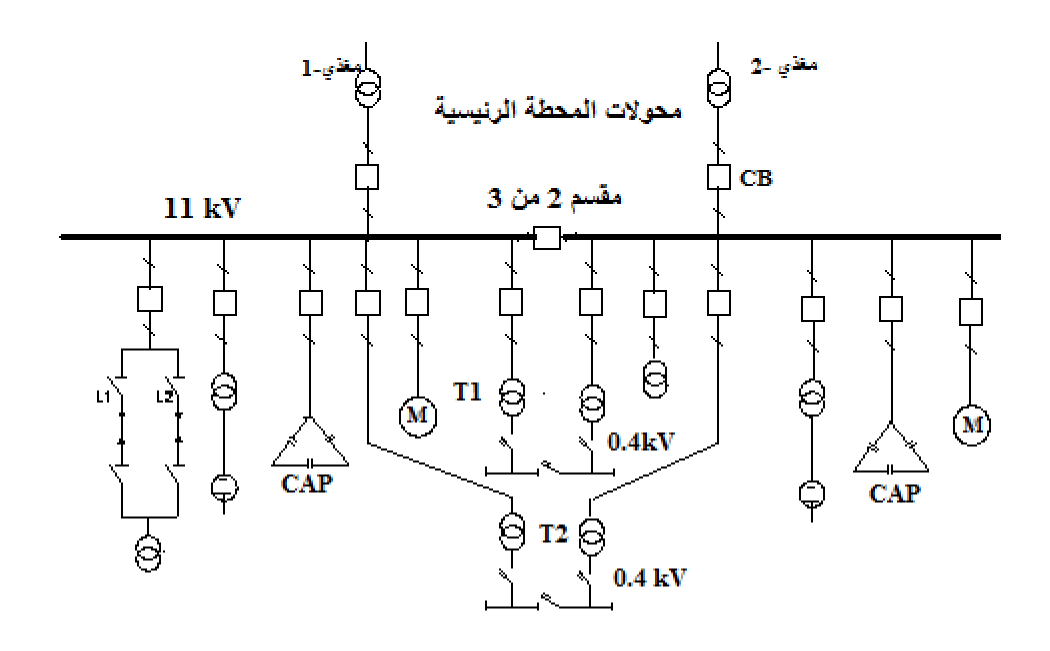
الشكل(9-30) مخطط معدات التوزيع للفولتية المتوسطة بمجموعة قضبان توزيع واحدة مقسمة في محطة المحولات الرئيسية.

9-8- 5 شبكات التوزيع الثانوية للمنشآت الصناعية

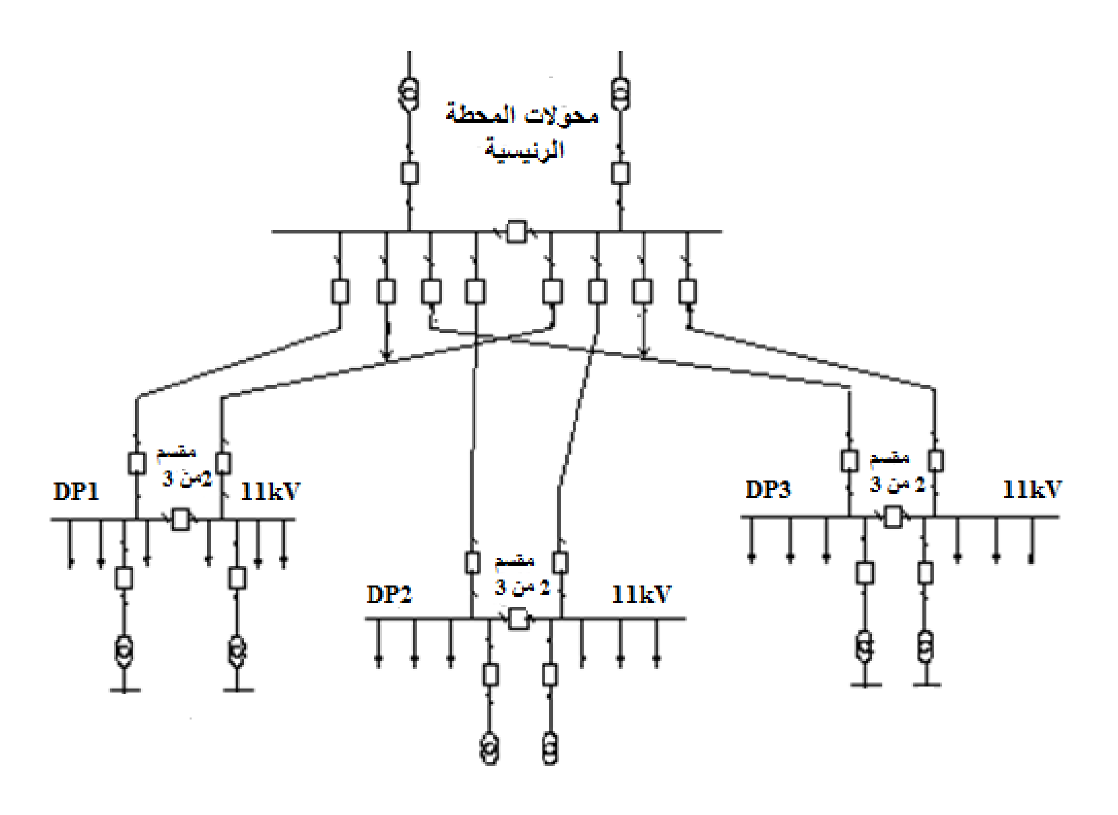
تصمم شبكات التوزيع الثانوية للمنشأة الصناعية إما بمنظومة المغذيات الرئيسية أو بمنظومة شعاعية أو خليط من المنظومتين. ويتم اختيار أي من المنظومتين وفقا لأهمية المنشأة وأهمية الأحمال الكهربائية ومواقعها ضمن المنشأة .

فى المنظومات الشعاعية تنتقل القدرة الكهربائية من مصدر التغذية إلى المستهلك مباشرة ، وتنفذ هذه المنظومات عادة بمراحل توزيع لا تزيد عن مرحلتين . وفى المنشآت الصناعية الصغيرة والمتوسطة تبنى منظومات التوزيع الشعاعية بمرحلة توزيع واحدة أو مرحلتين لتغذية الأحمال المتمركزة المنتشرة فى جميع الاتجاهات من مركز التغذية و تحقق منظومات التوزيع الشعاعية تجزئة عميقة لكل منظومة التغذية الكهربائية ابتداء من مصدر التغذية وانتهاء بقضبان التوزيع للفولتية المنخفضة فى غرف محولات الورش، كما موضحة في الشكلين (9-31) و (9-32) .

تستخدم شبكات التوزيع بمغذيات رئيسية فى حالة وجود مراكز احمال كثيرة ومتعددة مما يجعل استخدام الشبكات الشعاعية غير مجد . وتكمن الميزة الأساسية فى الشبكات بمغذيات رئيسية فى قلة أعداد مواقع الفصل والتعشيق وتزداد جدوى هذه الشبكات عندما تنتشر غرف المحولات على عموم مساحة المنشأة في خطوط شبكة مستقيمة مما يتيح المد المباشر للكيبل الرئيسي من مصدر التغذية إلى غرف المحولات بأقصر الطرق .



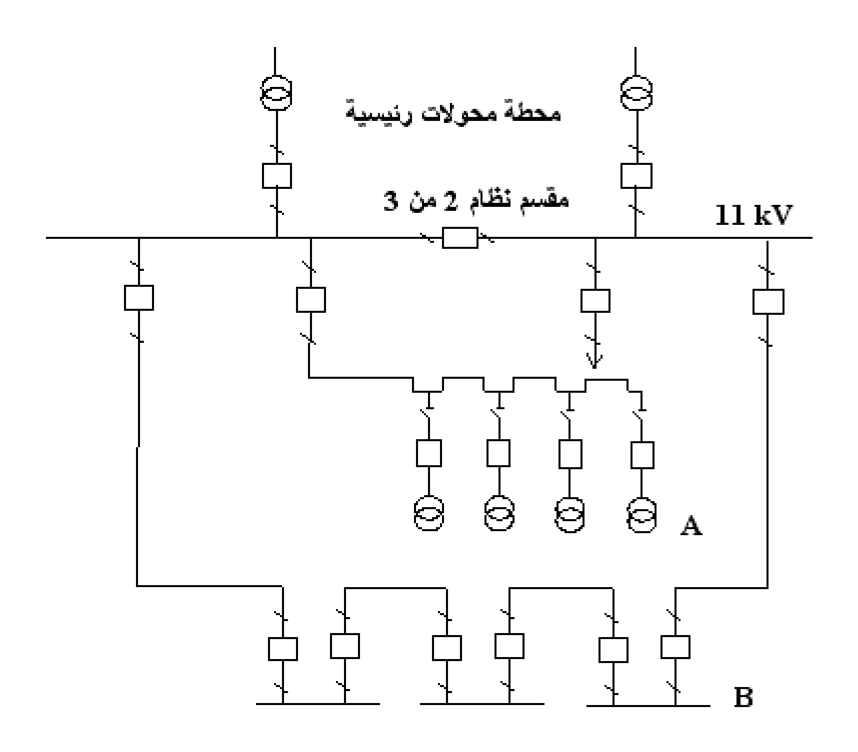
الشكل (9-31) مخطط شبكة توزيع شعاعية بمرحلة توزيع واحدة.



الشكل (9-32) مخطط شبكة توزيع شعاعية بمرحلتين .

إن مساوئ الشبكات بمغذيات رئيسية شعاعيةهي انخفاض درجة وثوقيتها مقارنة بالشبكات ثنائية التغذية (التغذية الحلقية Ring system) بسبب عدم إمكانية توفيرإحتياطي على جهة الفولتية المنخفضة للغرف الحاوية على محول واحد فقط عند تغذيتها من مغذي رئيسي واحد ويوصي بعدم تغذية أكثر من ثلاث غرف محولات قدرة (1000 – 2500 ك ف أ) أو أكثر من خمسة محولات قدرة (250– 630 ك ف أ) من مغذي رئيسي واحد.

وتفضل الشبكات ثنائية التغذية الرئيسية المتداخلة لتغذية غرف المحولات بالورش أو الموزعات بقضبان مجزأة ، أنظر الشكل (9-33) .



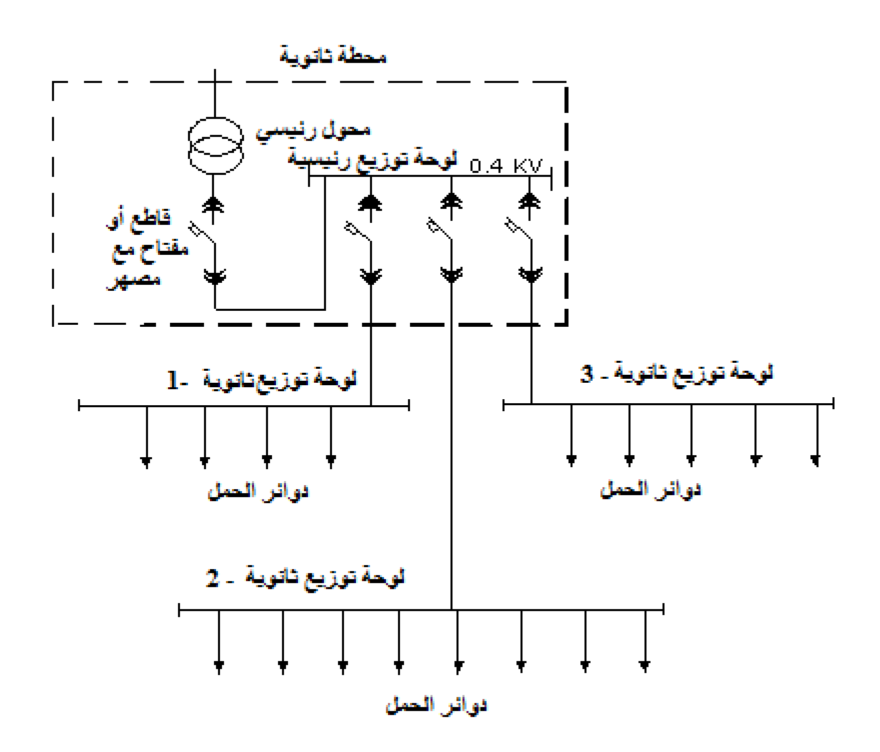
الشكل (9-33) مخطط شبكة توزيع بمغذي رئيسي واحد

(أ) تغذية عن طريق واحد (A) ، (ب) تغذية عن طريقين (B) .

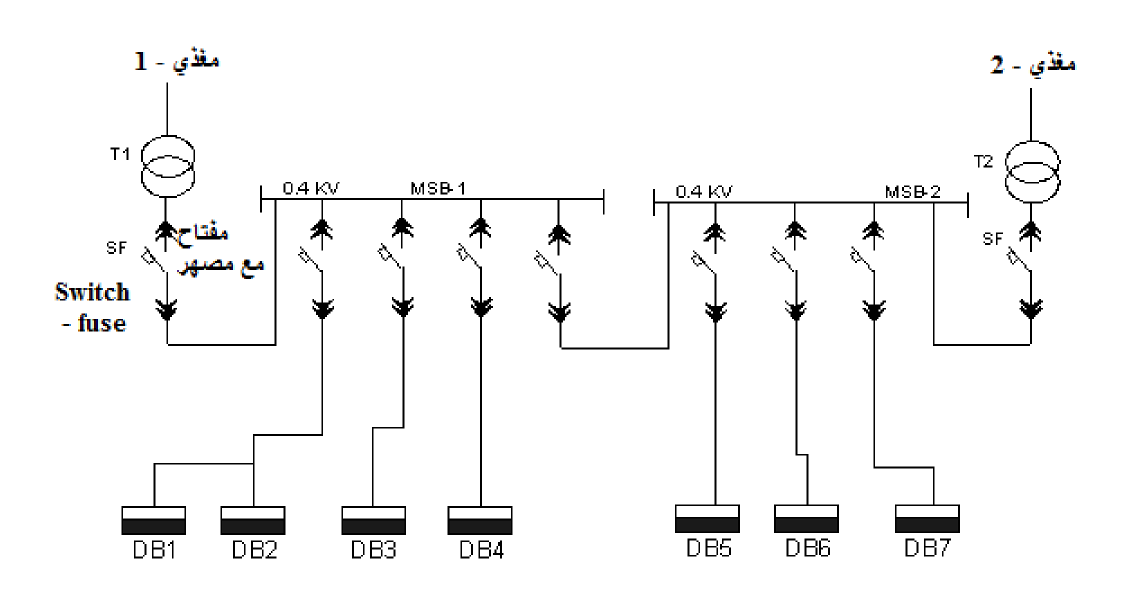
6-8-9 اختيار شبكات التغذية الكهربائية بالورش (الفولتية المنخفضة)

تصمم شبكات الورش بالمنشآت الصناعية عموما بفولتية 400 فولت ، ومن أهم العوامل التي تؤثر فى اختيار منظومات شبكات الورش هي درجة الوثوقية المطلوبة لتغذية الأحمال ومواقعها داخل مناطق الورشة وكذلك قيم التياروالفولتيات المقننة. وتقسم شبكات الورش إلى شبكات ذات مغذيات رئيسية وشبكات شعاعية . ويسمي مغذي شبكات الورش الخارج من لوحة التوزيع للفولتية المنخفضة على ثانوي محول التوزيع والمخصص لتغذية أحمال متمركزة كبيرة أوشبكة التوزيع داخل الورش بالمغذي الرئيسي

. وتصمم المغذيات الرئيسية بسعات كبيرة لغاية 6300 أمبير ويخرج منها كثير من المغذيات الفرعية ، أنظرالشكل (9-34) . وفي غرف المحولات التى تحوي محولين تربط مجموعات التغذية للمحولين بوصيل Tie بواسطة قاطع دائرة مصمم لهذا الغرض Tie circuit breaker ، وذلك لتوفير احتياطي متبادل ، لاحظ الشكل (9-35) .

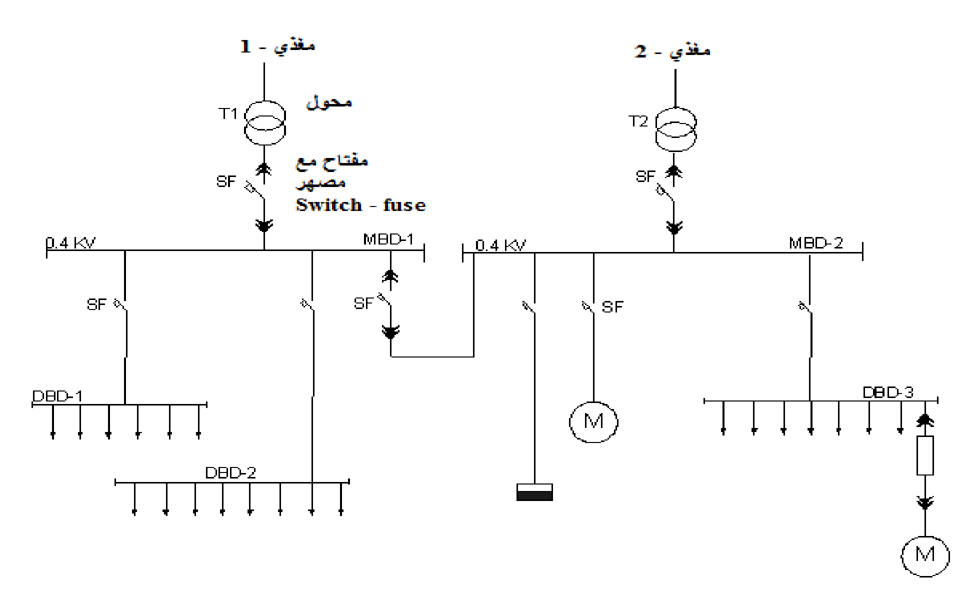


الشكل (9-34) مخطط شبكة توزيع للفولتية المنخفضة ذات عدة مغذيات رئيسية تغذى من ثانوي محول.

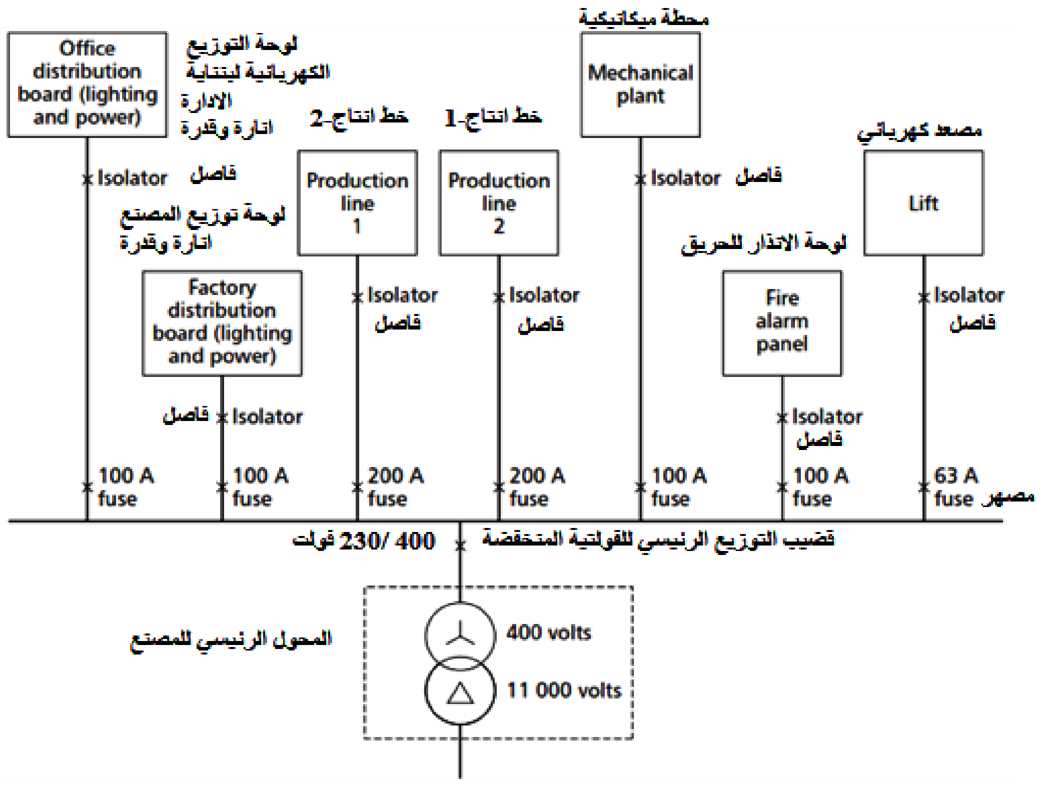


الشكل (9-35) مخطط لمجموعة مغذيات في غرفة توزيع تحتوي على محولين .

وتتألف منظومات التغذية الشعاعية من مجموعة مغذيات شبكة الورش الكهربائية التي تخرج من لوحات التوزيع للفولتية المنخفضة المربوطة على ثانوي المحول وتخصص لتغذية أعداد قليلة من الأحمال المنتشرة فى مختلف مواقع الورشة ، الشكل (9-36) . كذلك يبين الشكل (9-37) منظومة تغذية شعاعية لمصنع صغير للفائدة.



الشكل (9-36) مخطط شبكة توزيع فولتية منخفضة شعاعية تغذى من ثانوي محولين .



الشكل (9-37) منظومة تغذية شعاعية نموذجية لمصنع صغير.

الفصل العاشر

منظومات الحماية من الصواعق Lightning Protection Systems

10- 1 مقدمة

من المعروف أن الشرارة الكهربائية تتولد بين سطحين مشحونين نتيجة لتأين الفجوة الهوائية بينهما ، وينتج عن ذلك دفقا غزيرا من الألكترونات الحرة عبر الفجوة يؤدي إلى حدوث تفريغ كهربائي جسيم بين السطحين مصحوبا بإنبعاث حرارة وضوء وصوت . وهذا التفريغ المتوهج على شكل إكليل بنفسجي هو ما إصطلح عليه (بالصاعقة) .

على هذا الأساس يمكن أن يحدث التفريغ بين غيمة وأخرى أو بين الغيوم والأرض ، ويعتمد ذلك على مقدار ونوع الشحنة الكهربائية التي تحملها الغيوم نفسها ونوعها. ومن الناحية الفيزيائية تطلق كلمة الرعد على التفريغات الكهربائية بين السحب ، أما التفريغات الكهربائية بين السحب والأرض فيطلق عليها الصاعقة. ويتم التفريغ على شكل تدفق هائل للشحنات الكهربائية وبفترة زمنية قصيرة (بضع أجزاء من المليون من الثانية) وينتج عن ذلك تيارا كهربائيا تقدر قيمته بحوالي 200 كيلوأمبير ويتنامى هذا التيار بمعدل 1000 أمبير لكل مايكروثانية ، وينشئ جهدا كهربائيا تصل قيمته لحوالي 900 مليون فولت . إن هذا التيارالكبيروهذه الفولتية العالية منحت الصاعقة درجة الخطورة العالية للفعل التدميري الذي تحدثه وخاصة تأثيرها على الأبنية والمنشآت والإنسان.

لذلك تعد منظومة مانعة الصواعق من المنظومات المهمة التي تدخل في تصاميم أي مبنى أو منشأة صناعية أو تجارية . وتأتي أهميتها كونها تعمل على حماية البشر والمنشآت والأجهزة الموجودة فيها من الأضرار الناجمة عن تفريغ الشحنات الكهربائية نتيجة حدوث الصواعق ، وتعتبر مانعة الصواعق ممرا معدنيا ذي مقاومة كهربائية صغيرة مقارنة بأجزاء البناية المتكونة من مواد إنشائية كالإسمنت والطابوق (الطوب) أو الخشب التي تكون مقاومتها عالية بصورة عامة . ويتم خلال هذه المنظومة تفريغ الشحنة الكهربائية مباشرة إلى الأرض دون التأثير على المنشأ ومحتوياته . وتتكون هذه المنظومة عموما من ثلاثة أجزاء رئيسية تربط مع بعضها بعناصر ومكونات خاصة :-

1. طرف التوصيل الهوائي Air Terminal
2. الموصلات المعدنية النازلة Down Metal Conductors
3. نقطة الأرضي Earth Termination System

إن وظيفة الطرف الهوائي هو مسك تيار التفريغ للصاعقة وتسريبه للأرض بواسطة الموصلات المعدنية النازلة بدون أن يكون له تأثير خطر على الأرواح والممتلكات. لهذا السبب يجب استخدام طرف هوائي مصمم بصورة جيدة لهذا الغرض لكونه يمثل الجزء المهم والحيوي للمنظومة. ويكون الطرف الهوائي بأحد الأشكال التالية :

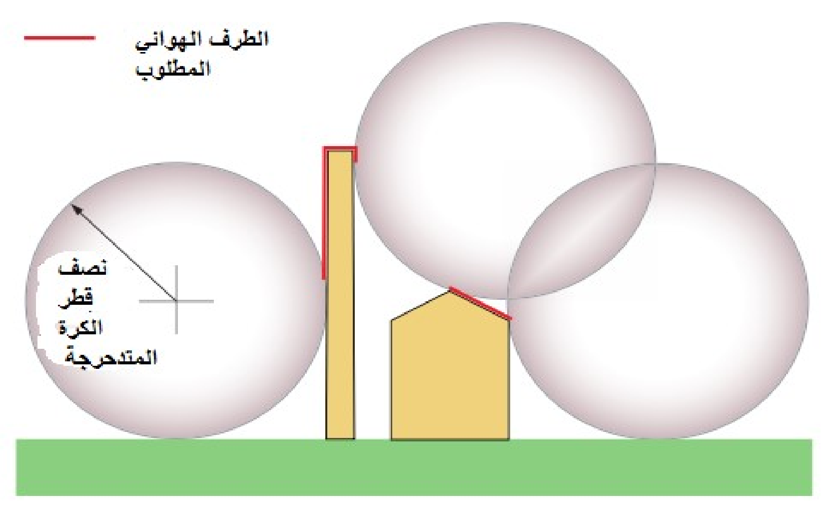
- قضبان (اذرع) هوائية Air Rods : وهذه إما أن تكون على شكل سارية أو قضبان قصيرة شاخصة أو مرتبطة بموصلات لتكون شبكة Mesh على سطح البناية .
- موصل معلق Catenary يتم تعليقه بين ساريتين أو على السطح .
- شبكة من الموصلات Meshed Conductor تثبت على تماس مباشر مع وعلى سطح البناية أو يعلق فوقه .

وفي كل الأحوال يجب أن تنصب الأطراف الهوائية هذه على حافات الأبنية العليا وفي الزوايا والنقاط البارزة فيها التي يحتمل أن تكون مسارا تفريغيا لتيار الصاعقة الكهربائي.على أية حال هناك ثلاث طرق أساسية يمكن استخدامها لمعرفة أين نضع الأطراف الهوائية ، هي :

- طريقة كرة الكشف االتخيلية (المتدحرجة) The Rolling Sphere Method
- طريقة زاوية الحماية The Protective Angle Method
- طريقة الشبكة The mesh Method

1- طريقة كرة الكشف (التخيلية)

وهي طريقة مبسطة تستخدم لبيان المساحات المطلوب حمايتها من البناية آخذين بعين الإعتبار احتمالية الضربات الجانبية للمنشأ او البناية ، ويبين الشكل (10-1) المفهوم الأساسي لكرة الكشف التخيلية .

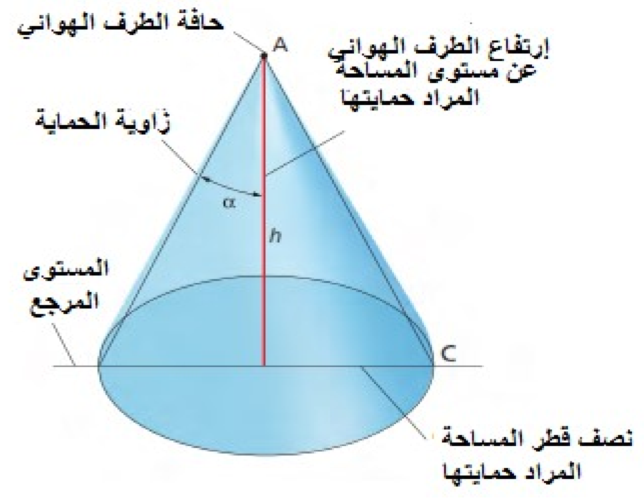


الشكل (10-1) كرة الكشف التخيلية.

وتستخدم هذه الطريقة للأبنية لتحديد مناطق الحماية لجميع أنواع الأبنية التي تزيد ارتفاعاتها عن 20 متر مهما كان شكلها الهندسي ، أي انها طريقة عامة. وتؤخذ اقطار الكرة حسب صنف منظومة الحماية LPS (الصنف I، 20 متر ، الصنف II ، 30 متر ، الصنف III ، 45 متر . أما الصنف IV فيكون 60 متر). وهذه الأصناف كما تعرفها الأنظمة الدولية هي كالآتي : الصنف I : خطرة جدا جدا ويحتمل أن تكون أقصى شدة للتيار فيها بحدود 200 كيلوأمبير . الصنف II : خطرة جدا ويحتمل أن تكون أقصى شدة للتيار فيها بحدود 150 كيلوأمبير . الصنف III : خطرة ويحتمل أن تكون أقصى شدة للتيار فيها بحدود 100 كيلوأمبير . الصنف IV : خطرة ويحتمل أن تكون أقصى شدة للتيار فيها أقل من 100 كيلوأمبير .

2- طريقة زاوية الحماية

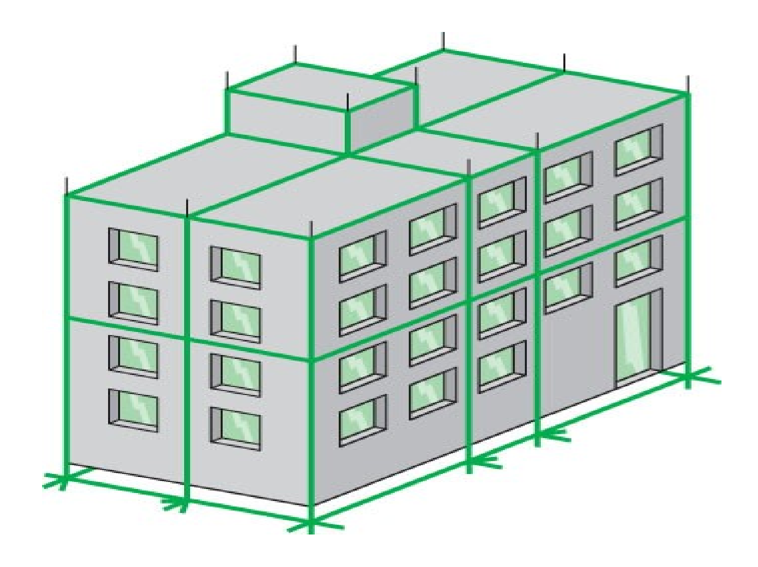
طريقة زاوية الحماية هي تبسيط رياضي لطريقة كرة الكشف . إن زاوية الحماية (α) المبينة في الشكل (10-2) هي الزاوية التي تصنعها حافة الطرف الهوائي لمانعة الصواعق (السارية) او القضيب مع مسقطها على السطح الذي تجلس عليه السارية أو القضيب . وتكون زاوية الحماية زاوية مجسمة ثلاثية الأبعاد وقيمتها هي 45 درجة في أغلب الأحوال.وتستخدم طريقة زاوية الحماية عموما للأبنية ذات الأشكال الهندسية البسيطة الممتدة عموديا وهي طريقة محدودة جدا .



الشكل (10- 2) زاوية الحماية لطرف هوائي .

3- طريقة الشبكة

هذه الطريقة هي الأكثر استعمالا ، وتكون ملائمة للبنايات الممتدة أفقيا ذات الأسطح المستوية (التي لاتحتوي على أجزاء معدنية قد تغطي المنظومة) كتلك التي تبنى في مناطق الشرق الأوسط ودول الخليج والمغرب العربي.وتتألف من أطراف هوائية قصيرة مع شبكة موصلات تثبت على أسطح الأبنية ، أنظر الشكل (10- 3).



الشكل (10- 3) أطراف هوائية مشبكة لحماية الأبنية (طريقة الشبكة).

وتكون ابعاد الشبكات على اربعة أنواع حسب تصنيف منظومة الحماية LPS بموجب النظام الدولي الحديث IEC كالآتي :

الجدول (10 – 1)

صنف منظومة الحماية	حجم الشبكة المطلوبة بالمتر المربع
I	5x5
II	10x10
III	15x15
IV	20x20

كذلك يدخل في تصميم منظومة مانعة الصواعق وإختيار أنوعها عوامل عدة أهمها :-

أ- نوع البناية المطلوب حمايتها

ب- إرتفاع البناية وأبعادها الهندسية الأخرى

ج- المنطقة المحيطة بالبناية (من حيث إحاطتها بالسهول أو التلال أو الجبال)

د- إحتمالية حدوث الصواعق في تلك المنطقة

إن العوامل التي ذكرت اعلاه يجب أن تؤخذ بعين الإعتبار عند تصميم منظومة مانعة الصواعق حيث أن إختيارنوع مانعة الصواعق يعتمد بصورة أساسية على أهمية البناية وشكلها المعماري وإرتفاعها. كما أن المواد الأولية الداخلة في هيكل البناية لها علاقة بنوع المانعة المستخدمة ، فمثلا الأبنية ذات الهياكل المعدنية لاتحتاج إلى منظومة مانعة صواعق معقدة ، بل يمكن إستخدام هيكلها المعدني كجزء من منظومة مانعة الصواعق وذلك بربطه بالإرضي بصورة جيدة . وفي المناطق التي تكثر فيها إحتمالية حدوث الصواعق يجب إعطائها أهمية أكثر من المناطق التي تقل إحتمالية حدوث الصواعق فيها . وفي

الحالة الأولى يجب أن تكون مانعة الصواعق مصممة بصورة دقيقة بحيث تغطي جميع أجزاء البناية وهذا يعني في بعض الأحيان كلفة كبيرة .

2-10 أنواع مانعات الصواعق

هناك عدة أنواع من مانعات الصواعق المستخدمة لحماية الأبنية ، وتعتبرمانعات الصواعق المذكورة في أدناه من أهم الأنواع التي تستخدم بصورة شائعة في الوقت الحاضر وهي :-

الأنواع التقليدية :

- منظومة فرانكلين Franklin system
- منظومة شبكة فرداي Faraday cage

الأنواع الحديثة :

- منظومة النشاط الاشعاعي Radio Active system
- منظومة الإنبعاث المبكر Early Emission system

10-2- 1 منظومة فرانكلين

تتكون منظومة فرانكلين ، وهي أقدم أنواع المانعات وقد بدأ إستخدامها سنة 1750، مما يأتي :

1- الطرف الهوائي Air termination system وهو عبارة عن قضيب معدني (نحاس) مدبب Lightning rod يعتمد طوله على المساحة المراد حمايتها .

2- الموصل النازل (الهابط) Down conductor وهو موصل نحاسي يوصل بين الطرف الهوائي ونقطة التأريض.

3- منظومة التأريض Earthing system

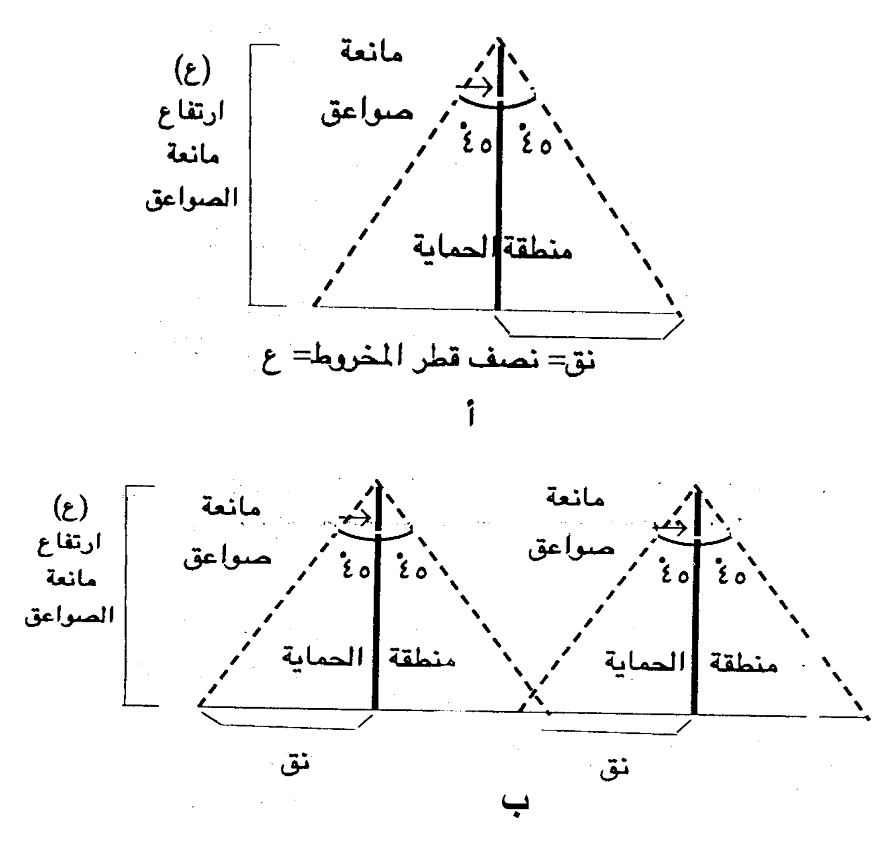
4- الوصلات والرباطات Joints and bonds

5- وصلات الفحص Testing Joints

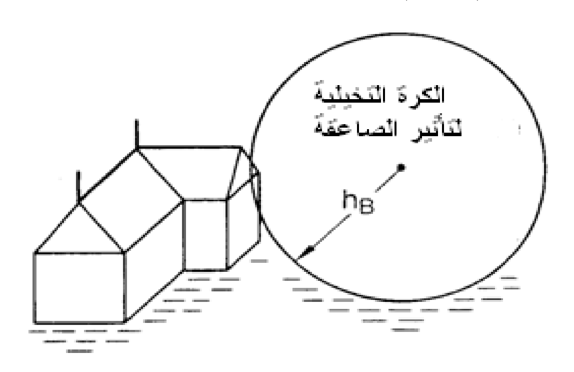
وتكون منظومة التأريض عبارة عن قضيب نحاسي أو عدة قضبان نحاسية مغروسة بالأرض ، أو أحد المنظومات التي تم التطرق اليها في الفصل الثامن . وفي منظومة فرانكلين تكون المساحة المراد حمايتها مساوية لدائرة نصف قطرها بقدر إرتفاع الطرف الهوائي وتسمى بالمنطقة المحمية Protected zone ، لاحظ الشكل (10- 4 (أ)) ، وتشكل مع الطرف الهوائي مخروطا زاويته العليا 45 درجة . وهذا ينطبق في حالة كون إرتفاع الطرف الهوائي نفسه لايزيد عن 15متر أي مايعادل 50 قدم . ويجب أن تتداخل مناطق الحماية مع بعضها البعض في حالة حماية أبنية متجاورة كما موضح في الشكل (10- 4 (ب)).

أما في حالة كون الطرف الهوائي على إرتفاع أكثر من 15متر فإن المساحة المغطاة تكون عبارة عن المساحة التي يقطعها القوس النازل من أعلى نقطة للطرف الهوائي مع نقطة تماسه مع سطح الأرض ، لاحظ الشكل (10-5) ، ويكون نصف قطر هذا القوس هو 30متراً عادة . وتسمى هذه الطريقة في

حساب المساحة المحمية بطريقة كرة الكشف التخيلية التي يكون نصف قطرها يساوي h_B والوارد ذكرها سلفا .



الشكل (10-4) مناطق الحماية وتداخلها.



الشكل (10-5) كرة الكشف التخيلية لتمثيل تأثير الصاعقة.

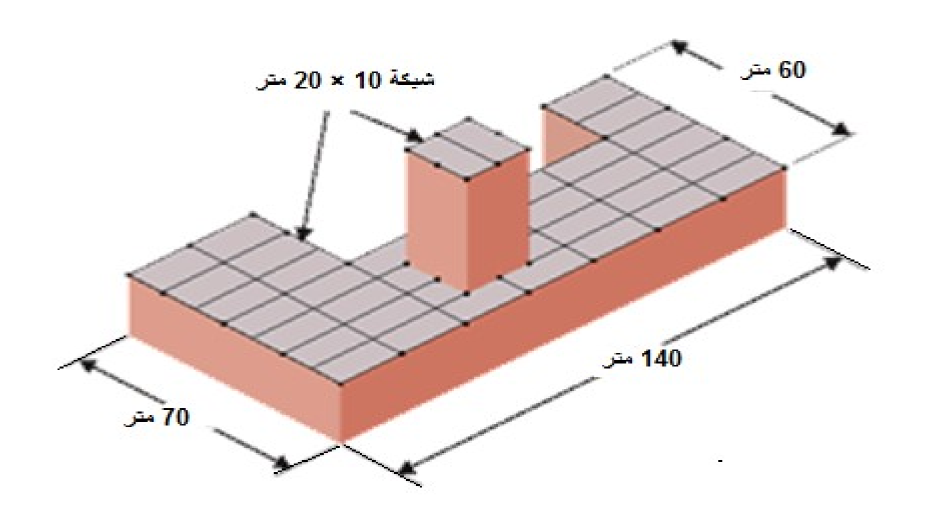
مساوئ طريقة فرانكلين

من مساوئ طريقة فرانكلين هي أنه كلما زادت المساحة المراد حمايتها كلما إزداد عمود الطرف الهوائي إرتفاعا . وفي بعض الحالات يكون إرتفاعه عال جدا بحيث يصعب تثبيته على أسطح الأبنية ويكون مكلفا نسبيا ، لذا فإن إستخدامات طريقة فرانكلين تكون فعالة في حالات الأبنية ذات المساحة السطحية الصغيرة .

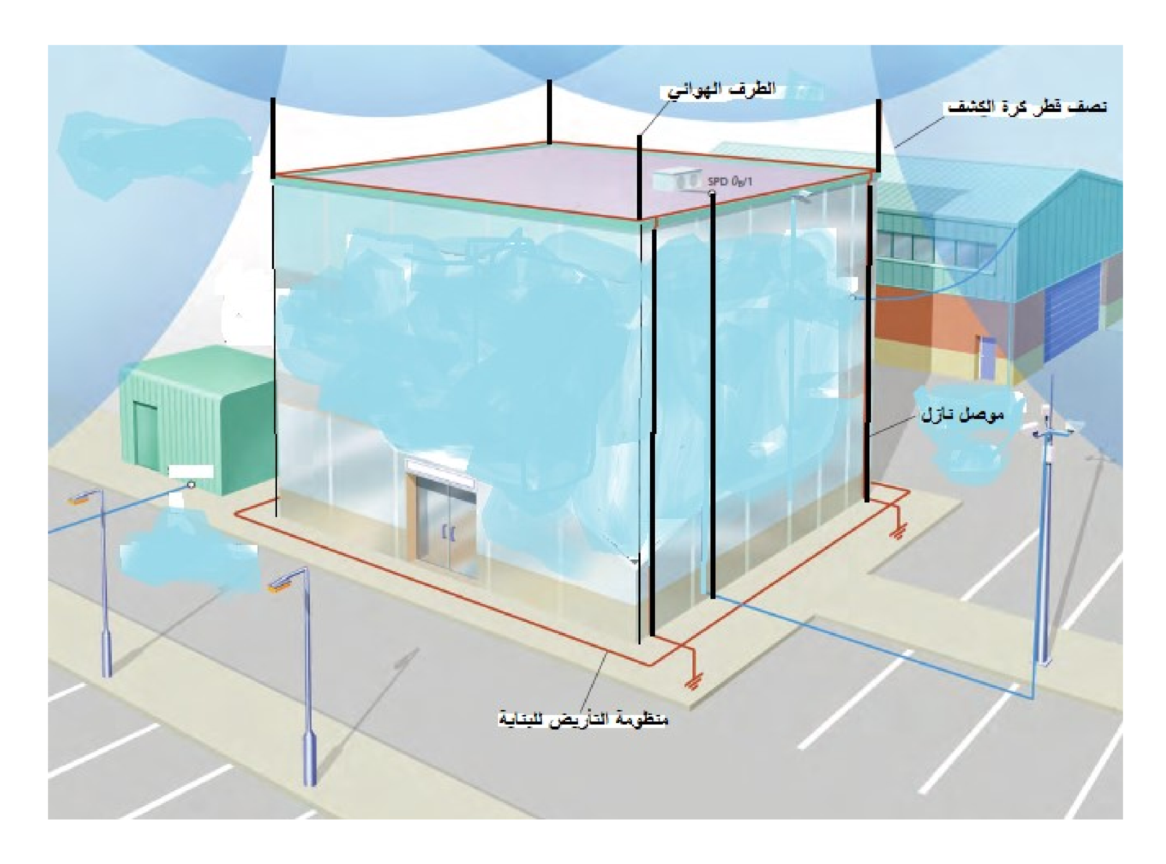
2-2-10 منظومة شبكة فاراداي

تتكون منظومة شبكة فاراداي بصورة مبسطة من شبكة من الموصلات المعدنية (أشرطة نحاسية أو حديد مغلفن أو المنيوم) يتم تأسيسها على أسطح الأبنية المراد حمايتها . وتكون المسافة بين الأسلاك (الموصلات) العمودية والأفقية للشبكة إما أن تصمم حسب الأبعاد ومستويات الخطر المبينة في الجدول (10 – 1) أو تكون وفق الكود البريطاني العملي BS 6651: 2008 ، 10 × 20 متر لأكثر أنواع الأبنية الإعتيادية ، لاحظ الشكلين (10-6) و(10-7) . أما أبنية مخازن الأعتدة ومصانع المواد القابلة للإنفجار فتكون الشبكة أصغر وبأبعاد 5×10 متر . والمسافة بين طرف هوائي وآخر لاتزيد عن 6 متر. أما إرتفاع الطرف الهوائي أو عمود التوصيل عن مستوى سطح البناية فيجب أن لايقل عن 24 سم إذا كانت المسافات الفاصلة بين طرف هوائي وآخر لاتزيد عن 6 متر . أما إذا كانت المسافة بينهما تزيد عن 6 متر ،فيجب أن يكون إرتفاع الطرف الهوائي لايقل عن 0.6 متر. ويزداد هذا الطول كلما زادت المسافة بين الأطراف الهوائية. ويتم ربط هذه الشبكة بالأرض بواسطة أسلاك نحاسية موصلة من عدة أماكن تسمى بالموصلات النازلة ، وتكون أعداد الموصلات النازلة للأرض ونقطة الأرضي حسب مساحة البناية ويمكن استخدام القاعدة التالية في حساب عدد الموصلات النازلة :

- موصل واحد إذا كانت المساحة لاتزيد على 100 متراً مربعاً .
- إذاكانت المساحة تزيد على 100 متراً مربعا فإن عدد الموصلات النازلة يكون مساويا الى أقل عدد نحصل عليه من استخدام القاعدتين الآتيتين:
- (أ) موصل واحد لإول 100 متراً مربعاً بالإضافة الى موصل لكل 300 متراً مربعاً أو جزء منها زيادة على المائة متر الأولى.
- (ب) موصل واحد لكل 30 متراً من محيط البناء.



الشكل (10-6) شبكة فاراداي لحماية الأبنية الإعتيادية الممتدة أفقيا ذات الإرتفاع المنخفض .



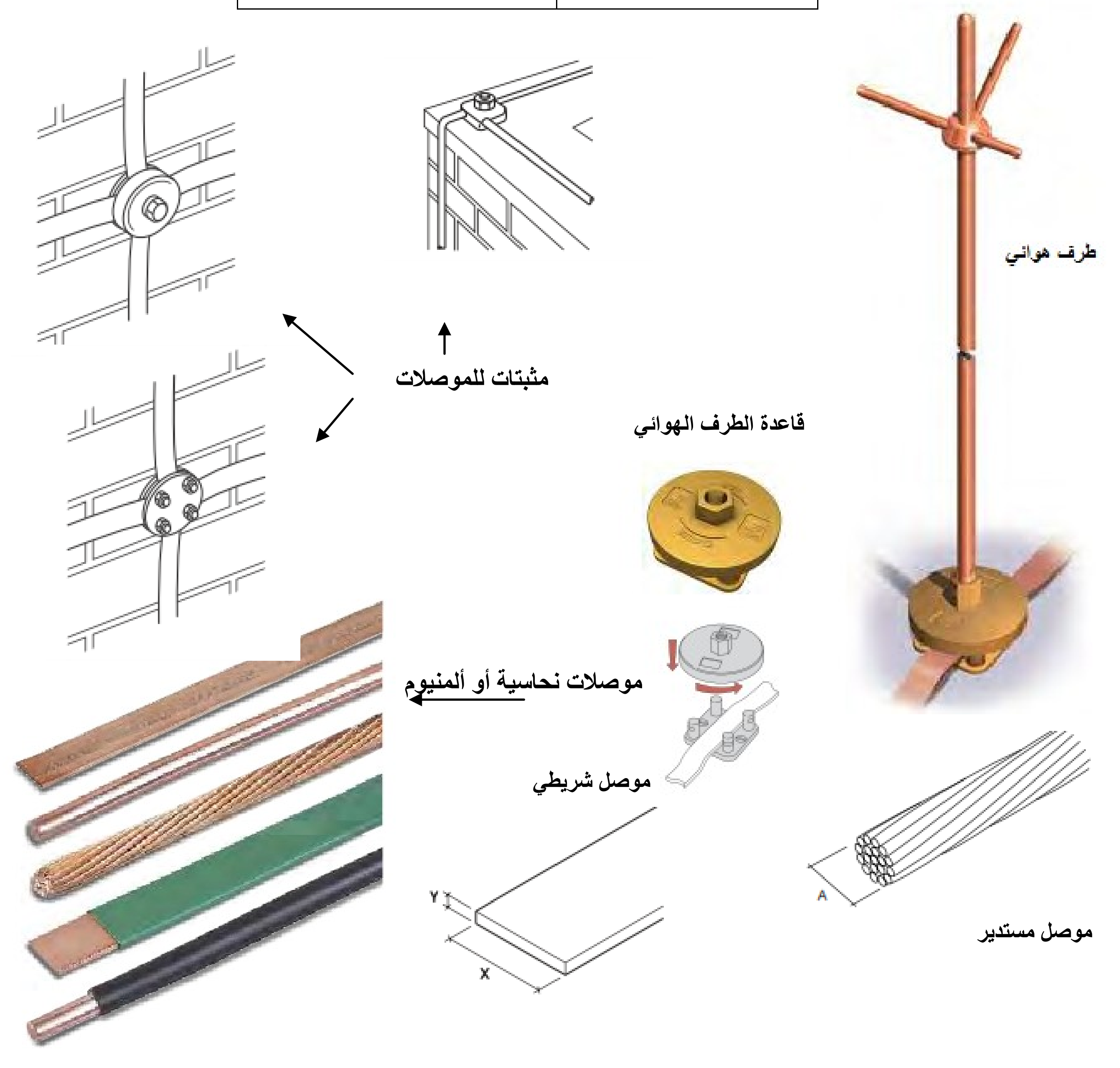
الشكل (10-7) الموصلات النازلة في منظومة فاراداي لمنع الصواعق.

وتثبت الموصلات المعدنية النازلة بحيث لاتزيد المسافة بين موصل وآخر عن 30 متراً ، وكل موصل نازل يجب أن ينتهي بنقطة توصيل أرضية . كذلك يجب أن يزود كل موصل نازل إلى الأرض بوصلة فحص Testing joint تثبت على إرتفاع 1.5 متر فوق مستوى الأرض. ويجب أن لايحتوي الموصل النازل على أية نقطة ربط بعد وصلة الفحص عدا نقطة ربطه بقضيب التأريض الذي يكون عادة مدفوناً تحت الأرض.ويجب أن يتم توصيل الموصل النازل الى حديد تسليح البناية .
كما يعطي الجدول (10-2) أعداد الموصلات النازل حسب الكود البريطاني العملي BS 6651: 2008 وتعديلاته مع النظام الدولي BS EN / IEC 62305 .

أما قضبان التأريض فيجب أن لايقل قطرها عن (12.7ملم) وطولها عن (2.4 م) وتكون هذه القضبان مصنوعة من النحاس وتغرس تحت الأرض وتكون المسافة فيما بينها لاتقل عن 3 متر ، راجع الفصل الثامن، وتربط معها الموصلات النازلة بواسطة قفائص من المادة المصنوعة منها نفسها . ويبين الشكل (10-8) الأجزاء الرئيسية لمنظومة منع صواعق نوع فاراداي وملحقاتها للفائدة.

الجدول (10-2)

مساحة البناية بالمتر المربع	عدد الموصلات النازلة المطلوب
400-100	2
700- 400	3
1000 – 700	4
1300 - 1000	5
1600-1300	6
1900-1600	7



الشكل (10-8) مكونات شبكة فاراداي القياسية .

10-2-3 المنظومات غير التقليدية (الحديثة)

1- منظومة النشاط الاشعاعي Radio- active lightning protection system

إستخدمت منظومة النشاط الإشعاعي للحماية من الصواعق في بداية السبعينيات من القرن الماضي ، وأعتبرت آنذاك أكثر عملية من المنظومتين السابقتين حيث أن منظومة النشاط الإشعاعي لاتحتاج الى تصميم معقد ولا إلى سارية عالية لحمل الرأس المشع كما هي الحال في منظومة فرانكلين . وأن فعاليتها وكفائتها في حماية المنشأت أو الأبنية أفضل من بقية الأنواع إضافة الى سهولة نصبها وتركيبها مقارنة بطريقة شبكة فرداي التي تحتوي على شبكة كبيرة من الموصلات المعدنية والتوصيلات الأرضية والهوائية والتي تكون كلفتها الأولية عالية ، إضافة إلى كلفة تأسيسها الغالية نسبيا. إن منظومة النشاط الإشعاعي تأتي كفائتها نتيجة وضع مصدر مشع في الرأس المدبب لمانعة الصواعق والذي يعمل على تأيين الهواء المحيط بالسارية (عمود الإسناد) وبالتالي فأن المساحة المراد حمايتها تكون أكبر بإستخدام هذه الطريقة ، حيث أن الصاعقة تنجذب الى المنطقة المحيطة بمانعة الصواعق المتأينة "أي بسبب وجود الشحنات الموجبة قرب الرأس المدبب " وبذلك فأن شحنات الغيوم السالبة تنجذب اليها بصورة اكثر فاعلية من غيرها من المنظومات.

وتتكون منظومة مانعة الصواعق من نوع النشاط الإشعاعي من الأجزاء الرئيسية التالية :-

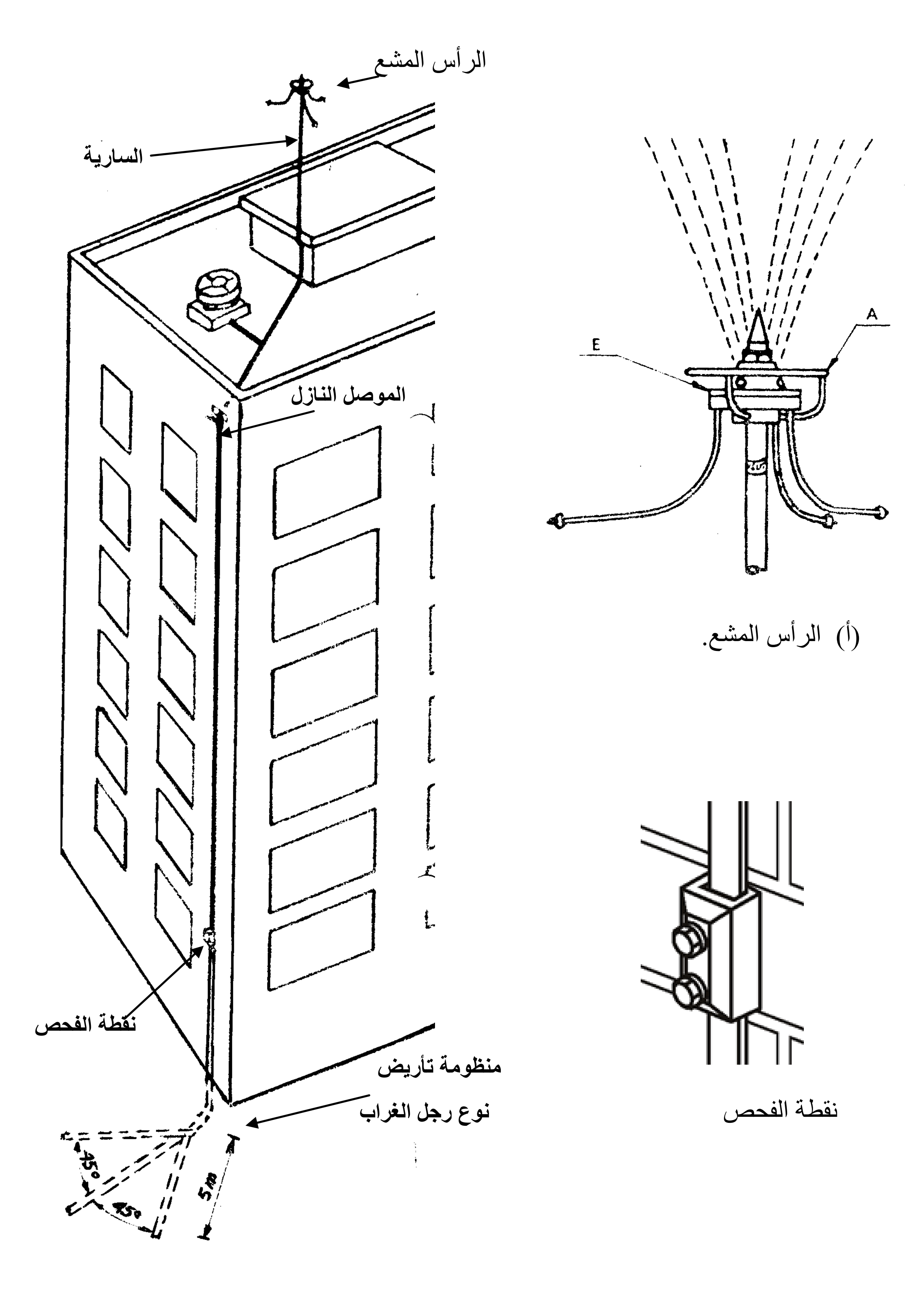
أ- الرأس المشع

ب- السارية (عمود الإسناد)

ج- الموصلات النازلة

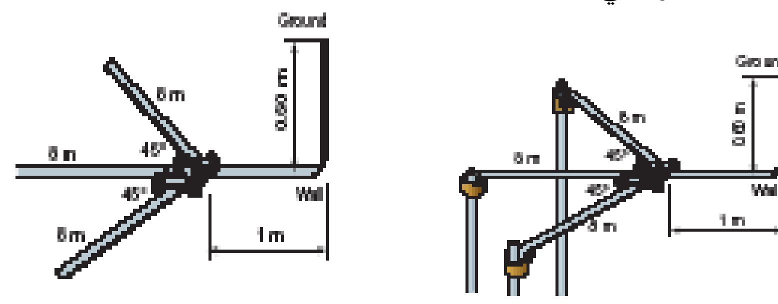
د- قضبان التأريض

يتكون الرأس المشع من الرأس المدبب إضافة إلى مصدرمشع من عنصر اليورانيوم -152 ذي نشاط إشعاعي 400 ملي كوري ، أو أي عنصر مشع آخر. وهذا الرأس يبعث الأيونات ، ويدعى بالمانع Preventer ويصنع المانع أو الرأس من مادة النحاس المطلي بالمينا ،لاحظ الشكل (10-9 (أ)) ، ويكون بأرتفاع (12سم) وعرض (22 سم) ووزن (2 كغم) ومجهز بفتحات تساعد في توجيه الهواء عبر المصدر المؤين الموجود فيه لتحقيق هذا الغرض . وتكون هذه الفتحات مجهزة بصفائح رقيقة مشعة خاصة Special radio active foil تساعد في تحقيق كفاءة إشعاع أفضل . أما السارية التي يثبت عليها الرأس فتصنع من معدن من النوع المقاوم للصدأ مثل الحديد الصلب المغلفن وبأرتفاع (5 م) ومن النوع الذي يمكن تثبيته على السطوح أو الحائط أو حتى عمل قاعدة كونكريتيه له في الأرض كسارية العلم الطويلة في بعض الأحيان . أنظر الشكل (10-9 (ب)) الذي يبين مانعة الصواعق وكيفية تثبيتها على سطح بناية متعددة الطوابق حيث تثبت السارية عادة في أعلى نقطة من البناية المراد حمايتها . أما بالنسبة الى الموصلات النازلة فيجب أن لاتقل مساحتها عن(3ملم×25 ملم) ومن مادة النحاس .



الشكل (10-9) مانعة اصواعق ذات النشاط الإشعاعي (أ) الرأس المشع ، (ب) طريقة تثبيت المانعة على سطح بناية.

ويجب أن يكون التأريض من النوع الجيد ويحقق مقاومة لاتزيد عن (5 Ω) وذلك بإستخدام منظومة تأريض ذات تصميم خاص تسمى برجل الغراب Crow-foot earthing system ، والتي تتألف من ثلاثة موصلات نحاسية مرتبطة من جهة واحدة وتشكل زاوية مقدارها 45 درجة مع بعضها عند تباعدها أي تشكل ما يشبه رجل غراب ، وتكون هذه الأشرطة مدفونة تحت الأرض بعمق متر واحد تقريبا ويربط في نهاية كل شريط قضيب تأريض مناسب وذلك للحصول على مقاومة 5 أوم في الأقل ، الشكل (10 - 10) . كما يتم وضع نقطة (وصلة) فحص على إرتفاع 1.5 متر عن مستوى الأرض لقياس المقاومة الخاصة بالارضي .



الشكل (10-10) منظومة تأريض نوع رجل الغراب .

وفيما يلي جدول (3-10) يوضح نصف قطر المنطقة المراد حمايتها وإرتفاع السارية المطلوب بالنسبة لرؤوس مشعة من الأنواع P1 و P2 و P3 و P4 .

الجدول (3-10) .

نصف القطر المطلوب حمايته (م)		المساحة الكلية المحمية (م²)	أقل إرتفاع مطلوب للسارية (م)
P1	35	3850	4.6
P2	50	7850	4.6
P3	80	20100	6
P4	100	31400	6

ومما تجدر الإشارة إليه هو أن منظومة النشاط الإشعاعي بدأ إستعمالها بالإنحسار في السنين الأخيرة وذلك بسبب مخاوف الناس من الإشعاع الذري الذي تنتجه ، وكذلك صعوبة صيانتها وخاصة الرأس المشع . والسبب المهم الآخر هو قصر عمرها الخدمي حيث وجد أن الرأس المشع ينضب بعد مرور 15 سنة بعد صناعته ويصبح غير فعال لذلك يستوجب تبديله بعد تلك الفترة.

2- منظومات الإنبعاث المبكر Early Streemer Emmision systems

يعتمد مبدأ إشتغال هذه المنظومات الحديثة على الإنبعاث المبكر للشحنات الكهربائية من رؤوس خاصة صغيرة تشبه رؤوس منظومة النشاط الإشعاعي وتكون على نوعين :

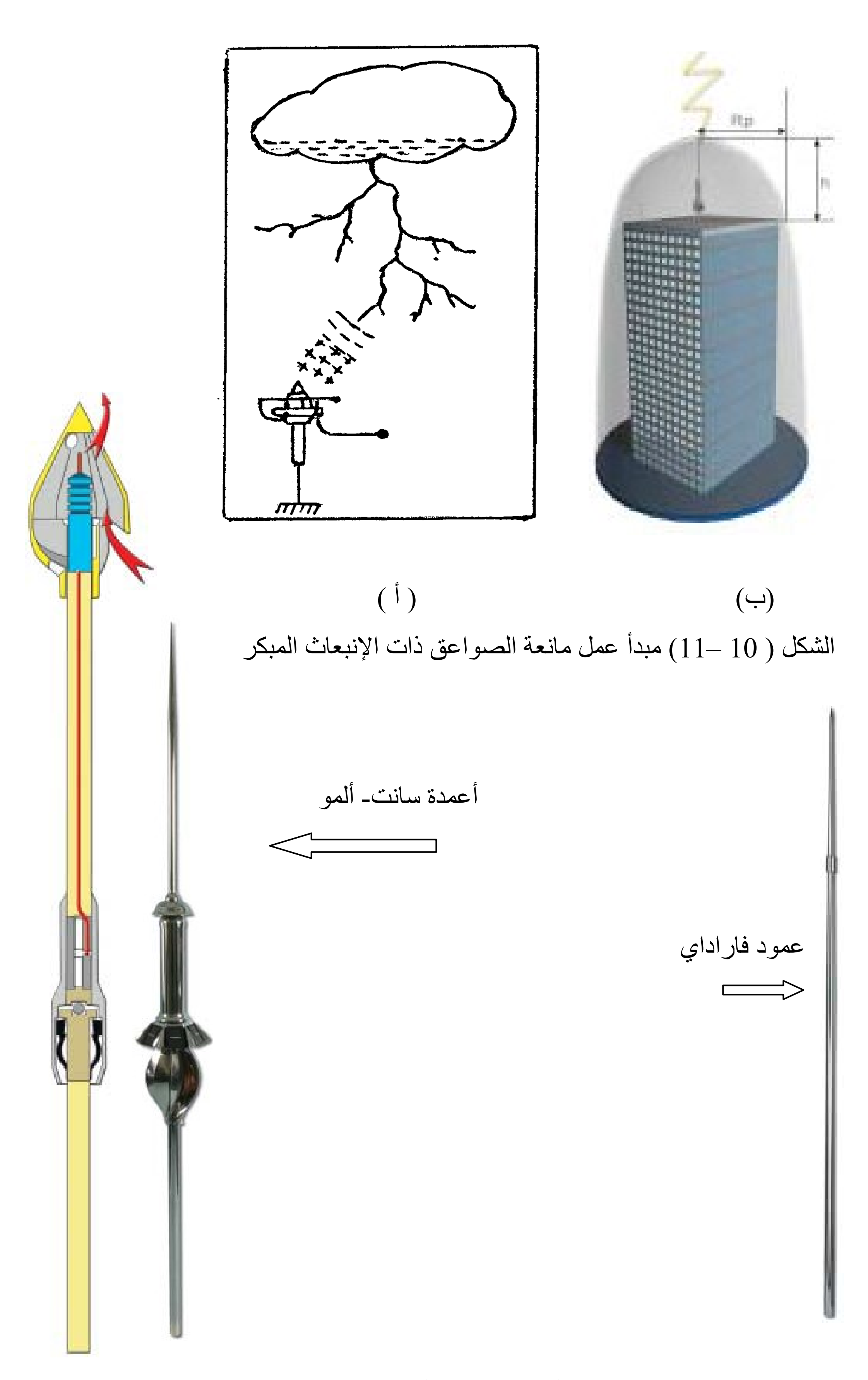
• النوع الأول يسمى بالمحرض الكهربائي الإجهادي من صنع شركة سانت - إيلمو الفرنسية Saint-Elmo lightning conductor with piesoelectric exiter. ويمتاز هذا النوع بعدم وجود مواد مشعة فيه ويعطي نصف قطر حماية كبيراً مقارنة مع موانع الصواعق التقليدية . كذلك تمتاز هذه المنظومة بسهولة التركيب وقلة الموصلات النازلة .

ويكون تصميم هذه المنظومة مشابه لمنظومة النشاط الإشعاعي المبينة في الشكل (10-9) عدا الإختلاف بالرأس (جهاز الإعتراض) . إن مبدأ إشتغال رأس التوصيل لمنع الصاعقة المصنع من قبل شركة (سانت - إيلمو)هو عبارة عن انتاج شحنات حرة (جسيمات متأنية والكترونات) في الهواء المحيط برأس التوصيل ويولد أيضا ضمن الفراغ بين الأرض والغيمة مجالا كهربائيا بشكل قناة ايونية تكون جيدة التوصيل للصاعقة نفسها. وتتولد الشحنات الحرة بفعل الهالة Corona وذلك بتسليط فولتية على نقاط التأين من على رأس التوصيل وهذه الفولتية تجهز بواسطة خلايا سيراميك تدعى خلية تحريض كهربائي إجهادي Piezo-electric وتتألف هذه الخلايا من معادن الرصاص والزركونيوم والتيتانيوم التي لها الخاصية على إنتاج فولتية عالية جدا بواسطة التغير بالضغط الميكانيكي المسلط عليها.

على هذا الأساس فإن رأس التوصيل يكون مجهزاً بجهاز ميكانيكي يحول الإجهاد المسلط على الرأس الناتج عن تاثير الريح إلى ضغط إجهادي كهربائي (فولتية) بواسطة خلية تحريض كهربائي إجهادي وهذه الفولتية المتولدة تسلط من خلال كيبل فولتية عالية (الذي يكون داخل العمود الحامل للرأس) على نقاط التأيين لتوليد شحنات حرة بفعل مبدأ الهالة, وبعدها يتم طرد هذه الشحنات بفعل ظاهرة التدويم Venturiمن رأس التوصيل . وهذه الشحنات تكون مغايرة لشحنات الغيمة المسببة للصاعقة بحيث يحصل تجاذب للشحنات المختلفة وتتسرب مباشرة إلى الأرض لغرض تفريغها ، أنظر الشكل (10–11)، ولاحظ الشكل (10-12) الذي يعطي مقارنة بين عمود فارداي وعمود شركة سانت- إيلمو الفرنسية.

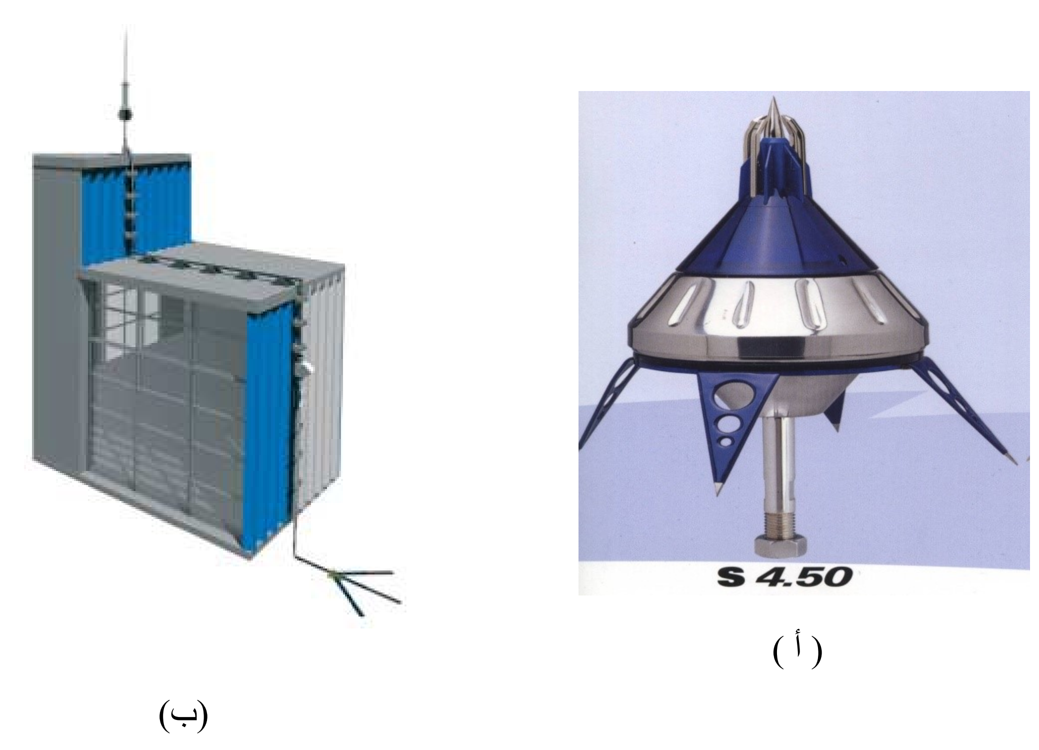
لاحظ أيضا أن الرأس يحمل بواسطة عمود مناسب طوله h بحيث أن نهايته العليا تمثل رأس مخروط يغطي كل أجزاء البناية باعتبارها المنطقة المحمية كما هو واضح من الشكل (10-11) .

• النوع الثاني وهو من صنع شركة إنديلاك الفرنسية www.Indelec.com وهذه المنظومة تشبه منظومة شركة سانت - إيلمو عدا أنها تختلف بالرأس ، حيث إستخدمت شركة إنديلاك رأسا ألكترونيا حاويا على متسعات ذات قدرة عالية Power Capacitors ودائرة الكترونية بسيطة تستمد طاقتها الكهربائية من المجال الكهربائي الحادث عند إقتراب الغيمة المشحونة وعندها يبدأ الرأس بتوليد وإرسال شحنات مخالفة أو مشابهة لشحنات الغيمة ويعمل على تفريغها أو إبعادها عن البناية المراد حمايتها ، لاحظ الشكل (10-13) الذي يوضح أحد أنواع هذه الرؤوس المصنعة من قبل الشركة المذكورة .ويسمى هذا الرأس Early Streemer Emission Lightning Conductor .



الشكل (10 –11) مبدأ عمل مانعة الصواعق ذات الإنبعاث المبكر

الشكل (10- 12) أعمدة سانت - ألمو وعمود فاراداي .



(أ)

(ب)

الشكل (10-13) (أ) الرأس الفعال صنع شركة إنديلاك الفرنسية
(ب) اسلوب نصب المانعة فوق البناية ويلاحظ هنا
وجوب إستخدام منظومة تأريض من نوع رجل الغراب.

ويجب الإشارة هنا أن الدائرة الألكترونية الموجودة داخل الرأس لا تعمل إلا عند إقتراب غيمة مشحونة مولدة للصاعقة فقط .

3-10 أهم النقاط التي يجب أخذها بعين الإعتبارعند تصميم مانعات الصواعق

1- ضرورة ربط جميع الأجزاء المعدنية والمواد الأخرى الموصلة للكهربائية والقريبة من الموصلات الرئيسية والثانوية والموصلات الهوائية إلى منظومة مانعة الصواعق لتجنب الشرارة التي قد تحدث نتيجة الإختلاف بفرق الجهد .

2 – يفضل ربط منظومة الأرضي لمانعة الصواعق مع منظومة الأرضي المشترك الخارجي للبناية أيضا لمنع حدوث شرارة نتيجة لإختلاف الفولتية بين منظومتي التأريض .

3- تعتبر الأبنية ذات الهياكل الحديدية التي يزيد سمك المعدن فيها عن(4.8 ملم) الموصلات الرئيسية لمنظومة الصواعق إذا كانت متصلة كهربائيا مع جميع أنابيب الماء للبناية ومع الأرضي المشترك الخارجي للبناية . ويمكن أن تكون منظومة مانعة الصواعق لهذه الهياكل الحديدية من دون موصلات هوائية .

4- لايفضل إستخدام مانعات الصواعق من نوع النشاط الإشعاعي في المناطق الصناعية المزدحمة كمحطات الوقود أو مصانع الأسمنت بسبب ترسب مخلفات هذه المعامل من أبخرة ودخان أو إسمنت متطاير على رأس مانعة الصواعق المشع (Preventer) حيث بعد مرور فترة قصيرة يصبح عديم الفائدة في حماية البناية ، لذا في مثل هذه المناطق يفضل إستخدام طريقة فرانكلين حيث توضع مانعة الصواعق على المداخل الخاصة بالأبنية الصناعية كذلك يفضل استخدام منظومات الإنبعاث المبكر. .

5- في الأبنية ذات المساحة الكبيرة والتي تستخدم فيها مانعات الصواعق من نوع النشاط الإشعاعي يتم إستخدام طريقة فرانكلين أيضا في الأبراج أو المداخن أو الأجزاء المرتفعة في أسطح هذه الأبنية ، أي تستخدم المنظومتين معا .

6- ضرورة تجنب الإنحناءات الحادة في جميع التوصيلات بين الموصلات بحيث لاتكون هذه الانحناءات زاوية أقل من 90° أو أن يكون نصف قطر الثني أقل من(203ملم) .

7- المسافة بين قضبان التأريض في منظومة التأريض الخاصة بمنظومة مانعة الصواعق يجب أن تكون مساوية لطول القضيب المدفون تحت الارض أو أكبر منه لتحقيق أفضل كفاءة .

8- يجب أن ينتهي كل موصل نازل على نقطة (وصلة) إختبار التي يمكن فصلها عن نقطة التوصيل لمنظومة التأريض لأغراض إجراء الفحص والتي تثبت عادة على ارتفاع (1.5م) من سطح الارض .

9- مقاومة الأرضي يجب أن لاتزيد عن Ω10 (أوم) بأي حال من الأحوال .

10- إذا أحتوت بناية على منظومة فرداي ومنظومة فرانكلين في الوقت نفسه فيجب ربطهما معا كنظام واحد.

11- يجب أن يمر الموصل النازل من أقصر طريق (مسار) مباشر بين الطرف الهوائي والطرف الأرضي . وإذا تطلب الأمر يمكن إحتواؤه داخل فراغ هوائي ضمن الجدران أو داخل مهابط خاصة مؤمنة من أخطار الحريق ، أي عدم إحتوائها على مواد قابلة للإشتعال.

12- يجب تحديد مواقع الموصلات النازلة والمسافات بينها للمنشآت الكبيرة بالتشاور مع المهندس المعماري لئلا تؤثر هذه الموصلات على المنظر العام للبناية (الإعتبارات المعمارية) .

13- عدم إستخدام مهابط (شفتات) المصاعد كمنافذ للموصلات النازلة بأي حال من الأحوال .

14- يجب أن تحتوي منظومة مانعة الصواعق على أقل عدد ممكن من الوصلات Joints ، كما أن الوصلات والأربطة يجب أن تكون فعالة من الناحية الميكانيكية والكهربائية حيث انها تكون مقموطة Clamped أو مقلوضة Screwed أو مسمرة لولبيا Bolted أو مغضنة Crimped أو مبرشمة Riveted أو ملحومة Welded .

الفصل الحاي عشر

منظومات الإنذار المبكر والإطفاء التلقائي للحريق

Fire Alarm and Fire Fighting Systems

1-11 مقدمة

تعد منظومتا الإنذار المبكر والإطفاء التلقائي للحريق من المنظومات المهمة التي توفر الوقاية والحماية الضروريتين من حوادث الحريق والإنفجارات التي قد تحدث في المنشآت الصناعية أو المباني المكتبية . ورغم الكلفة العالية نسبيا لمثل هذه المنظومات إلا ان أهميتها بالنسبة لمعظم الأبنية والمنشآت الصناعية تفوق كلفتها.

ويتم نصب مثل هذه المنظومات بعد معرفة تامة بطبيعة البناية ونوع العمل فيها وأهمية الأجهزة أو الوثائق الموجودة في هذه البناية ، كما يتم إختيار أنواع كاشفات الحريق بعد معرفة مسبقة أو متوقعة عن نوع الحريق الذي قد يحدث في هذه البناية أو تلك . كذلك يتم في بعض الأبنية وضع منظومة الإطفاء التلقائي للحريق إضافة إلى منظومة الإنذار المبكر لكشف الحريق ؛ حيث أن هذه المنظومة توضع في الأماكن المهمة جدا مثل غرف الحاسبات أو الأجهزة الأليكترونية أو المكتبات التي تحتوي على وثائق مهمة إضافة إلى أماكن اخرى لها أهميتها ، وفيما يأتي أهم العوامل الأساسية التي تؤخذ بعين الإعتبارعند تصميم منظومتي الإنذار المبكر والإطفاء التلقائي للحريق .

11- 2 الإعتبارات التصميمية لمنظومتي الإنذار المبكر والإطفاء التلقائي للحريق

أ- طبيعة البناية

توزيع أجهزة كشف الحريق في البناية يعتمد كثيرا على شكل البناية وهيكلها وطبيعة استخدامها.

ب- طبيعة العمل

طبيعة العمل في اية بناية يحدد نوع أجهزة الكشف المستعملة .

ج- نوع الحريق المتوقع

إن معرفة نوع الحريق المتوقع في البناية وسرعة إنتشاره له أهمية في إختيار نوع المنظومة المستخدمة ونوع كاشفات الحريق المناسبة ويمكن تقسيم أنواع الحريق من حيث إنتشاره كما يلي :-

(1) الحريق بطئ الإنتشار : هذا النوع من الحريق يتصف بصورة عامة بدخان كثيف عند بدء الحريق مع قليل من الحرارة وقلة وجود إشعاع حراري ، لهذا فمن المناسب إختيار (كاشف الدخان) لمثل هذا النوع من الحريق .

(2) الحريق سريع الإنتشار : يتصف هذا النوع من الحريق بدخان وإنتقال حرارة إضافة إلى إشعاع حراري ، لذا فإن كاشف الحرارة وكاشف الأشعة تحت الحمراء وكاشف اللهب تكون جميعها ملائمة لكشف مثل هذا الحريق .

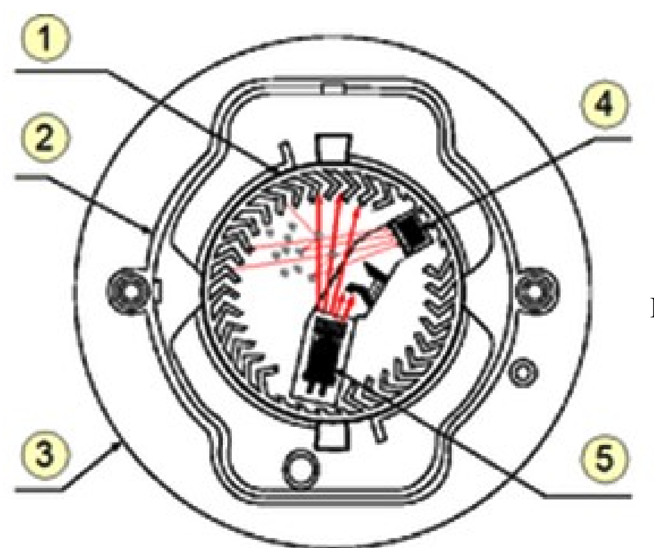
3-11 التخطيط والتوزيع

في هذا الفصل سنتطرق إلى الإعتبارات المهمة التي يجب أن تؤخذ بعين الإعتبار في تصميم منظومة الحريق وتوزيع الكاشفات في المساحات المختلفة في كل بناية ، وهذه العوامل تمثل الحد الأدنى لمتطلبات التخطيط والتوزيع لمنظومة الحريق .

1- إختيار كاشف الحريق

مما سبق يظهر أن إختيار كاشف الحريق يكون بعد معرفة مسبقة بطبيعة البناية وطبيعة العمل الجاري فيها ودرجة الوقاية والحماية المطلوبة ونوع الحريق المتوقع وسنشرح أهم أنواع كواشف الحريق وأماكن استخدامها وملاءمتها بالنسبة لنوع الحريق المتوقع كما يأتي :-

(أ) كاشف الدخان الضوئي Optical Smoke Detector : يتم إستعمال هذا النوع من الكواشف في حالات الحريق بطئ الإنتشار والحريق سريع الإنتشار عند وجود دقائق الرماد الناتج عن الحريق ، انظر الشكل (11-1). وهو عبارة عن متحسس ضوئي يستخدم للكشف عن الدخان ، ويتألف من مصدر ضوء داخلي (ثنائي ضوئي باعث للأشعة تحت الحمراء LED) وعدسة تقوم بتركيز الضوء على شكل حزمة شبيهة بحزمة الليزر. ويحتوي أيضا على ثنائي ضوئي Photodiode مركب بصورة عمودية على مسار الحزمة يعمل ككاشف ضوء .



1: الغرفة الضوئية Optical chamber

2 : الغطاء Cover

3 : الحاوية Case molding

4 : الثنائي الضوئي (الكاشف) Photodiode (detector)

5 : الثنلئي الباعث للأشعة تحت الحمراء Infra-red LED

الشكل (11-1) : كاشف الدخان الضوئي .

فعند عدم وجود الدخان تعبر الحزمة الضوئية أمام الكاشف بصورة مستقيمة . وعند دخول الدخان إلى الغرفة الضوئية (1) ويتداخل مع مسار الحزمة فإن قسما من الضوء سوف يتشتت بواسطة دقائق الدخان يكشفه الكاشف الضوئي ويؤدي ذلك إلى إشتغال منظومة الإنذار.

(ب) كاشف الدخان الأيوني Ionization Detector : يستعمل هذا النوع أيضا لكل أنواع الحريق الذي ينتج عنه دقائق الرماد ولهذا يعتبر هذا النوع شائع الأستعمال في منظومات الحريق ويكون أرخص ثمنا من الكاشف الضوئي . كذلك يمكنه الكشف عن دقائق الدخان الصغيرة جدا التي لاترى بالعين المجردة. ويحوي هذا الكاشف على كتلة صغيرة جدا من عنصر الأمريكيوم -241 المشع الذي يعد مصدرا لأشعة ألفا . إن هذا الإشعاع يمر عبر غرفة التأين التي هي عبارة عن فراغ مملوء بالهواء وفيه قطبين كهربائيين ينساب بينهما تيار كهربائي صغير ثابت القيمة ، فعندما ينفذ الدخان خلال الغرفة سوف يقوم بإمتصاص دقائق أشعة ألفا مقللا من التأين وعاملا على قطع التيار الكهربائي ومؤديا إلى إشتغال أجهزة التنبيه ،أنظر الشكل (11-2) .





الشكل(11-2) : كاشف الدخان الأيوني.   الشكل (11-3) كاشف الحرارة .

(ج) كاشف الحرارة Heat Detector : إن هذا النوع من الكواشف يكون ملائما لحالات الحريق سريع الإنتشار والمصحوبة بإرتفاع درجة الحرارة وكذلك في الأماكن التي ترتفع فيها درجات الحرارة رغم عدم وجود الحريق مثل المطابخ و غرف مكائن الإحتراق الداخلي وغرف التوربينات والمراجل الحرارية في المحطات الكهربائية ......الخ ، أنظر الشكل (11-3) .

ويكون كاشف الحرارة إما كهربائيا أو ميكانيكيا في إشتغاله ، وأشهر الأنواع هي من نوع المزدوج الحراري Thermocouple أو الكهربائي – النيوماتيكي Electro-pneumatic ؛ وكلا النوعان يتمتعان

بالإستجابة السريعة للتغير بدرجات الحرارة . يمكن أيضا تقسيم كواشف الحرارة إلى نوعين رئيسين هما:

(1) كاشف التحسس بإرتفاع درجة الحرارة **Rate-of-rise heat detector** : يستعمل لكشف الحريق أو لكشف زيادة درجة الحرارة عند تعديها الحد المسموح في مكان معين ، مثلا في غرف الحاسبات الاليكترونية .

(2) كاشف ثبوت درجة الحرارة **Fixed temperature heat detector** : يعمل هذا الكاشف على التنبيه في حالة تجاوز درجة الحرارة القصوى المنظم عليها الكاشف , ويستعمل أيضا في الأماكن المهمة مثل غرف الحاسبات وبعض التطبيقات التي تحوي على أجهزة قياس دقيقة جدا تتأثر بزيادة درجة الحرارة عن حد معين .

(د) كاشفات الأشعة تحت الحمراء :هذا النوع من الكواشف ملائم لكشف الومضات الناجمة عن الحريق شريطة أن الدخان الناتج لايحجب وصول هذه الومضات أو نيران الحريق ، ويدعى أيضا هذا النوع من الكواشف بكاشف اللهب Flame Detectors .

(ه) نقاط الاستدعاء اليدوية Manual Call Points : تستخدم هذه النقاط بإعتبارها كواشف يدوية يتم تشغيلها من قبل الأشخاص عند حدوث الحريق ، وتسمى أيضا بالزجاج المنكسر Break glass . وتربط إلى لوحات السيطرة المركزية للكشف عن موقع الحريق ، أنظر الشكل (11- 4 (أ)) .



(أ)



(ب)

الشكل (11-4) (أ) نقطة إنذار(استدعاء يدوية) ، (ب) محطة سحب يدوية .

(و) محطة السحب اليدوية Manual pull station : وتستخدم في الأماكن العامة من قبل أشخاص مخولين فقط ، انظر الشكل (8-4 (ب)) .

2- إرتفاع الغرفة : إن إختيار نوع الكاشف الملائم يعتمد أيضا على نوع الغرفة وتعطي الشركات المصنعة للكواشف جداولا توضح ملائمة الكاشف بالنسبة لأرتفاع الغرف لغرض مساعدة المصمم.

3- الظروف المحيطة: تؤخذ بعين الإعتبارعادة العوامل والظروف المحيطة المتوقعة في المناطق المراد تغطيتها بكواشف الحريق , مثل تيار الهواء ، الدخان ، ذرات الغبار ، البخار ، الرطوبة ، خطر الإنفجار ......الخ . هذه الظروف تؤثر على إختيار نوعية أجهزة الكشف المستعملة وحساسيتها وذلك باختيار الكاشف المناسب لتفادي التنبيه الخاطيء ولإشتغال المنظومة بصورة طبيعية . عليه فإن الشركات المصنعة لهذه الأجهزة لها أنظمتها وتصاميمها الخاصة بحيث تأخذ هذه الظروف بعين الإعتبار في صناعة أجهزة الكشف .

4- مناطق الكشف والمساحة التي يغطيها كاشف الحريق : تعتمد المساحة التي يغطيها الكاشف على نوعيته. ولكن بصورة عامة يوضع كاشف حريق واحد في الأقل في كل غرفة للمنطقة المراد تغطيتها بكواشف الحريق ويجب أن يكون موقع الكاشف واضحا بحيث تسهل رؤيته وملاحظته ، أما إذا كان الكاشف في مكان لايمكن رؤيته فيوضع مصباح دلالة أحمر اللون فوق ذلك المكان أو قريبا منه لملاحظة توهج المصباح أثناء حدوث الحريق . وتستخدم هذه الطريقة في حالات وضع الكاشف داخل خنادق الكيبلات المغطاة حيث يكون الكاشف في الخندق تحت مستوى أرضية الغرفة ويوضح مصباح الدلالة في منطقة عالية بالقرب من مكان الكاشف في الخندق ليشير إليه أثناء حوادث الحريق بومضات من الضوء الأحمر ، وتستخدم هذه الطريقة أيضا في مجاري (دكتات) هواء التكييف حيث تكون الكواشف بداخل هذه المجاري , وكذلك في الغرف والمناطق المحرم دخولها كالمناطق الخطرة التي تحتوي على غازات سامة أو إشعاع ذري........... الخ .

يجب أن تنظم كواشف الحريق عند التصميم على شكل مجاميع بحيث أن كل مجموعة تغطي مساحة أو جزء من البناية . أي تقسم إلى مناطق كشف Detection Zones وذلك لتسهيل تشخيص مناطق الحريق بسرعة ، وتضم كل منطقة كشف مجموعة من الكواشف التي قد تكون من نوع واحد أو مجموعة أنواع مختلفة . فمثلا قد تضم المجموعة الواحدة كاشفات دخان مع كاشفات لهب . وتربط كاشفات الحريق لكل منطقة كشف Zone كهربائيا على التوالي Series connection وينهي الخط Line لكل منطقة كشف بمقاومة تدعى بمقاومة نهاية الخط End line resistance أو ELR إختصارا ، ويعلم آخر كاشف في نهاية خط منطقة الكشف بإشارة تميزه عن بقية الكواشف للمنطقة الواحدة . ويتم تنظيم مناطق الكشف حسب المواصفات التالية :

(أ) موقع الحريق يمكن كشفه في الحال أو بالسرعة المناسبة .

(ب) منطقة الكشف الواحدة يجب أن لاتحتوي على أكثر من (18) كاشف حريق (من نوع الدخان) وهذا لاينطبق على كاشف اللهب (كاشف الاشعة تحت الحمراء) ، إذ أن هذا الكاشف له القابلية لتغطية مساحة كبيرة نسبيا لذلك لايحتاج لكل منطقة كشف Zone أكثر من خمسة كواشف .

(ج) يجب أن يكون لكل طابق منطقة كشف واحدة في الأقل في الأبنية المتعددة الطوابق ، وكذلك في ألأبنية التي تحتوي على أجزاء شبه منفصلة ، حيث يجب أن يكون لكل جزء منطقة كشف واحدة في الاقل.

(د) يجب أن تحتوي كل منطقة كشف على منبهات يدوية تدعى Alarm push buttons للحالات الطارئة تكون موزعة في الممرات ومداخل الأبنية بصورة عامة .

(ه) أن تحتوي كل منطقة كشف منعزلة على منبه صوتي إضافة للمنبهات الضوئية مثل سماعة كبيرة من نوع Horn أو جرس كهربائي مناسب . ولدراسة المساحات التي تغطيها كواشف الحريق عموما سنتطرق هنا إلى نوعين أساسيين من الكواشف شائعة الإستخدام هما :

(1) المساحة التي يغطيها كاشف الدخان

(2) المساحة التي يغطيها كاشف الحرارة

ألمساحة التي يغطيها كاشف الدخان.

بصورة عامة يغطي كاشف الدخان الأيوني مساحة مقدارها 112 متراً مربعاً تقريبا ، (أي غرفة مربعة بأبعاد (10.5 × 10.5) متر أو دائرة نصف قطرها 7.5 متر) لغرفة ذات سقف مستو مسطح خال من الجسور أو الروافد Beams . أما إذا كانت الغرفة ذات سقف حاو على جسور كأن تكون خرسانية أو خشبية أو أية مادة اخرى من السقوف الكاذبة بانخفاض عن مستوى السقف مقداره 30 سم تقريبا وكانت المسافة بين جسر وآخر 2 متر فإن المساحة التي يغطيها كل كاشف تقل الى 60 متراً مربعاً . وإذا كانت المسافة بين جسر وآخر لاتزيد عن (1) متر فانه من المستحسن وضع كاشف الدخان تحت الجسر مباشرة أي جعله بارزا . وفي حالة السقوف المائلة بنسبة إنحدار أكبر من (1:1) وكانت خالية من الجسور فأن المساحة التي يغطيها كاشف الدخان تكون 150 متراً مربعاً . واذا كان للسقف جسورا بإنخفاض 30 سم لكل جسرفإن المساحة المغطاة بالكاشف تقل الى 100 متراً مربعاً.

المساحة التي يغطيها كاشف الحرارة

إن المساحة التي يغطيها كاشف الحرارة لكل غرفة ذات سقف مستومسطح (لايوجد فيه فواصل أو جسور) هي بحدود 30 متراًمربعاً (أي غرفة مربعة بأبعاد 5.5 × 5.5 متر) . أما إذا كان السقف بارتفاع اكثر من 4.5 متراً فيجب وضع كاشف حراري واحد لكل 30 متراً مربعاً وإذا زاد الإرتفاع عن 7.5 متراً فأن من المستحسن استشارة الشركة الصانعة لإختيار كاشف حرارة مناسب لمثل هذا الإرتفاع .

11- 4 لوحة السيطرة الرئيسية لمنظومة الحريق Fire Alarm Control Panel

وهذه اللوحات عبارة عن جهاز سيطرة مركزي للكشف والإستجابة السريعة لإتخاذ فعل سريع عند حدوث الحريق ضمن البناية أو موقع معين ، وتعد هذه اللوحة العنصر الفعال الأساس للحماية ضد الحريق أنظر الشكل (11-5) ، وهناك نوعان من لوحات السيطرة:

1- اللوحات التقليدية Conventional panels وتستخدم للبنايات والمواقع الصغيرة وتكون رخيصة الثمن نوعا ما .

2- اللوحات التناضرية القابلة للعنونة Analogue Addressable Panels وهي الأنواع الحديثة المتطورة التي تعطي معلومات موسعة عن المنظومة وأجزائها وتأريخ تشغيلها ويمكن أن تربط إليها الحاسبات الرقمية لتنظيم عملها . ويبين الشكل (11- 6) نماذج من هذه اللوحات.



الشكل (11-5) لوحة سيطرة مركزيةعلى الحريق .





(ب) (أ)

الشكل (11-6) (أ) لوحة تقليدية (ب) لوحة حديثة قابلة للعنونة .

ألدارات Loops : عادة ما تحتوي لوحات السيطرة على عدد من الدارات المرتبطة اليها تتراوح ما بين دارتين الى 20 دارة . وكل دارة تحتوي على عدد من الأجهزة مربوطة خلالها ، وكل جهاز يعلم بعنوان خاص به لكي تتعرف اللوحة تلقائيا على حالة كل جهاز على إنفراد ، ومن هذه الأجهزة :

- Smoke detectors كواشف الدخان
- Manual call points or Manual pull stations نقاط الإستدعاء أو محطات السحب اليدوية
- Responders المستجيبات
- Fire sprinkler inputs المرشات
- Switches المفاتيح
  - Flow control السيطرة على التدفق المائي
  - Pressure السيطرة على الضغط
  - Isolators مفاتيح العزل
  - Standard switches المفاتيح القياسية

5-11 المتطلبات الواجب توفرها في منظومة الحريق

إن منظومة الإنذار المبكر للحريق المتكاملة يجب أن تتوفر فيها منبهات صوتية ،أنظر الشكل (11-7)، ومنبهات ضوئية في لوحات السيطرة الرئيسية والثانوية إضافة إلى الإشارات التي توضح موقع الحريق ، فضلا عن أن لوحة السيطرة يجب أن تكون مجهزة بمفتاح (Key) خاص لايجوز إستعماله إلامن قبل الأشخاص المرخصين و المسؤولين عن المنظومة .إن وضع المفتاح في حالة تنظيم إما فترة الليل أو النهار هو الذي يحدد مقدار التأخير بالزمن (Time delay) لكي تشتغل المنبهات الصوتية الكبيرة ، ففي النهار يتم وضع المفتاح على الموضع (نهارDay) ، فعند حدوث حريق يشتغل المنبه الصغير في اللوحة حالا. أما المنبه الكبير (Horn Alarm) فأنه يحتاج لزمن إضافي كأن يكون دقيقة أو أكثر حسب التنظيم (Setting) المعد من قبل الأشخاص المسؤولين عن المنظومة . وفي حالة وضع المفتاح على الموضع (ليل Night) فإن المنبه الكبير يشتغل حالا عند حدوث أي حريق وبدون تأخير في الزمن .أما شدة الصوت ، ففي البنايات العالية التي يوجد فيها أشخاص مثل المكاتب وغيرها فان شدة الصوت المنبعث من المنبهات يجب أن لايقل عن 65 ديسبل (dB) ولا يزيد عن 70dB ، ويكون 75dB في الأماكن التي ينام فيها أشخاص مثل الأقسام الداخلية وغيرها .

تعمل منظومة الحريق بأجزائها بصورة ذاتية في الأحوال الإعتيادية وتجهزلوحة السيطرة الرئيسية بالإشارة اللازمة عند حدوث حريق أو حتى عند حدوث خلل في المنظومة نفسها. وتقوم السيطرة الرئيسية بدورها ذاتيا بإعطاء الإيعازات إلى المنظومات الأخرى التي يستوجب إيقافها عن العمل عند حدوث الحريق ، أو إتخاذ الإجراءات اللازمة مثل فتح الأبواب أوتوماتيكيا و إعطاء الإشارات إلى منظومات التهوية و التكييف لإيقافها مثلا . إضافة إلى تشغيل إشارات التنبية في البناية أو الإتصال بوحدة

الإطفاء بواسطة هاتف مربوط بالمنظومة يعمل ذاتيا أو عن طريق إرسال إشارة إلى السيطرة المركزية في وحدة الإطفاء . ويجب أن توضع لوحات السيطرة في مكان بارز من البناية أو داخل غرف فيها حضور إجباري للأشخاص مثل غرف الإستعلامات أو الحرس ، ولا يفضل وضعها في أماكن بعيدة ومعزولة . كما يجب ان تكون لوحة السيطرة في مكان تكون فيه الإنارة جيدة ليسهل رؤية الإشارات الضوئية ، كما يجب أن تتوفر الظروف الجوية المحيطة بلوحة السيطرة بصورة ملائمة مثل درجات الحرارة نسبة الرطوبة ، الغبار ....الخ .





(أ) منبه قديم (صوت فقط)

(ب) منبه حديث (صوت + ضوء)

الشكل (11-7) : أنواع منبهات الحريق.

11 - 6 مصادر تجهيز القدرة الكهربائية لمنظومة الإنذار المبكر للحريق

عرفنا أن منظومة الإنذار المبكر للحريق هي من المنظومات المهمة في الأبنية والمنشآت ، لذلك وجب أن تبقى هذه المنظومة مستمرة في العمل حتى في حالة إنقطاع التيار الكهربائي الرئيسي لأي سبب كان ، عليه فإن تعدد مصادر تجهيز القدرة لهذه المنظومة ضروري ، وفي معظم الحالات يكون تجهيز القدرة الكهربائية عن طريق المصدر الرئيسي Normal supply وكذلك التجهيز عن طريق مولدات الطوارئ Emergency supply الموجودة في تلك البناية إضافة إلى البطاريات الموجودة في لوحة السيطرة نفسها .

11-7 منظومة الإطفاء التلقائي

تتكون منظومة الإطفاء التلقائي بصورة عامة من مكونين رئيسيين هما :

1- وحدات الكشف عن الحريق

2- وحدات الإطفاء

إن وحدات الكشف عن الحريق هي منظومات الإنذار المبكر التي سبق ذكرها في الفقرات السابقة ، وتكون طريقة ربط كواشف الحريق في منظومة الإطفاء التلقائي بطريقة خاصة وهي الطريقة المتقاطعة

Cross Zoning أي ربط كاشفات الحريق بشكل متقاطع (حرف X) و ذلك لضمان الحصول على إشارة صحيحة ، حيث لا تشتغل وحدة الإطفاء للمنظومة إلا إذا تلقت إشارتين من كاشفين في الأقل ، أي من منطقتي كشف Two zones وذلك لتلافي الإشارة الخاطئة التي قد تصدر من أحد الكواشف التي تغطي جزءاً من المنطقة المراد حمايتها من الحريق .

أما وحدات الإطفاء (وحدات مكافحة الحريق Fire fitting units) فإن هذا الجزء من منظومة الإطفاء التلقائي يتكون من قناني الغاز أو المساحيق الخاصة بإطفاء الحريق وغالبا ما يستخدم غاز الهالون أو غاز ثنائي أوكسيد الكاربون إضافة إلى أنواع أخرى من الغازات أو المساحيق الخاصة التي يعتمد إختيار أي نوع منها على طبيعة المكان المراد حمايته و نوع الأجهزة أو المعدات الموجودة فيه . ويتم توزيع الغاز أو المسحوق الخاص عبر شبكة من الأنابيب التي تحتوي على فتحات قاذفة Nozzles أو مرشات Sprinklers تعمل على نشر الغاز أو المسحوق في جميع الإتجاهات داخل الغرفة وتعمل لوحة سيطرة الإطفاء على إعطاء إشارة Signal إلى صمامات فتح القناني الخاصة بالغاز أو المسحوق بعد تلقيه إشارتين من كاشفين يعودان إلى منطقتي كشف منفصلتين (2-zones) وبعد فتح الصمامات يبدأ الغاز بالإنتشار داخل الغرفة ، أنظر الشكل (11-8) ، ويمكن أيضا إستخدام الماء الإعتيادي بدل الغاز .

كما يمكن تلخيص أهم العوامل التي تدخل في إختيار نوعية المنظومة المطلوبة لإطفاء حريق كل منطقة أو غرفة معينة إلى ما يأتي :

- حجم الغرفة المراد حمايتها
- نوع الأجهزة أو المعدات الموجودة فيها
- الزمن المطلوب لإخمادها
- نوع الغاز أو المسحوق المستخدم
- أنواع الكاشفات الملائمة

إن مرشات الحريق Fire Sprinklers هي عبارة عن متحسسات تقوم بتحسس الحرارة وفتح رشاش ماء أو غاز على مكان الحريق تلقائيا .

وعادة ما تجهز منظومات مكافحة الحريق التلقائية بمضخة حريق رئيسية كبيرة Fire Pump ، أنظر الشكل (11-9) ، ومضخة مساعدة Jockey Pump وهي مضخة صغيرة وظيفتها الإبقاء على الضغط في أنابيب المنظومة ثابتا على الدوام دون الحاجة لتشغيل المضخة الرئيسية .

11- 8 المواصفات الفنية لبعض الأجهزة

لغرض فائدة المصمم ندرج الجدول 11-1 الآتي الذي يتضمن المواصفات الفنية لبعض أنواع المعدات الشائعة المستخدمة في منظومات التنبيه للحريق الحديثة باللغتين العربية والإنجليزية .





الشكل (11-8) : (أ) مرش الحريق Fire sprinkler و (ب) مفاتيح السيطرة والأنابيب .



الشكل (11-9) : مضخة حريق رئيسية توربينية تدار بماكنة ديزل.

الجدول 11-1

التسلسل	التفاصيل	الشكل
1	**كاشف دخاني ضوئي مزود بمؤشر نوع LED مزدوج مثبت فيه ومزود كذلك بتشخيص ذاتي للغرفة الضوئية ، يثبت الكاشف مباشرة على السقف وتكون مسافة نزوله قليلة نسبياً، فولتية التشغيل Vcc = 24/12 فولت .** Optical smoke detector with double **LED** indicator built into unit, with self-diagnosis of the optical chamber, low profile fitting onto ceiling, 12/24Vcc	
2	**كاشف حراري بدرجة حرارة ثابتة 55 درجة مئوية مزود بمؤشر نوع LED مزدوج ، يثبت الكاشف مباشرة على السقف وتكون مسافة نزوله قليلة نسبياً، فولتية التشغيل Vcc = 24/12 فولت .** Temperature detector at fixed temperature 55°,with double led indicator, low profile, complete of base, 12/24Vcc.	
3	**كاشف دخاني حراري مزود بمؤشر نوع LED مزدوج ، ذاتي التشخيص للغرفة الضوئية . كامل مع القاعدة ،يثبت الكاشف مباشرة على السقف وتكون مسافة نزوله قليلة نسبياً، فولتية التشغيل Vcc = 24/12 فولت .** Smoke and temperature detector, with double led indicator and self-diagnosis of the optical chamber, low profile, complete of base, 12/24Vcc.	
4	**نظام موقعي للتنبيه للحريق يمكن اعادة تشغيله يعمل بزر كبس للمنظومات الرقمية** Resetable push-button fire alarm station, digital for systems	

تابع الجدول 11-1

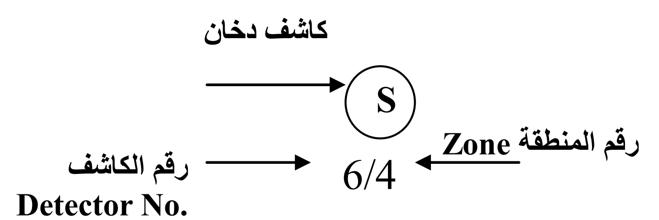
التسلسل	التفاصيل	الشكل
5	جرص كهروميكانيكي بفولتية مصدر 24 فولت Electromechanically bell, power supply 24Vcc.	
6	لوحة ضوئية وصوتية تضاء بوجه واحد وتعطي الإشارة المقروءة كلمة حريق **FIRE** ، 24/12 فولت Light and sound panel, single sided illuminating, the sing reads **FIRE**, 12/24V. .	
7	كاشف حراري بدرجة حرارة ثابتة 55 درجة مئوية مزود بمؤشر نوع **LED** مزدوج ، يثبت الكاشف مباشرة على السقف وتكون مسافة نزوله قليلة نسبياً،يستخدم للدارات المغلقة عادة **NC** ، فولتية التشغيل Vcc = 24/12 فولت. Temperature detector at fixed temperature 55°, with double LED indicator, low profile and relies NC function, 12/24Vcc.	
8	مصدر قدرة لتجهيز القدرة الكهربائية عند انقطاع المصدر الرئيسي 24 فولت / 2 أمبير موضوع داخل حاوية معدنية تستوعب مجموعة بطاريات 12 فولت / 7 أمبير ساعة ، لضمان عمل الثنائيات الباعثة للضوء LED والمرحل المحفز أو أي منهما خلال انقطاع المصدر الكهربائي Power supply for black-up,24Vcc/2A, fitted into metallic container can lodge two backup batteries 12V/7Ah, supervised signaling led and/or excited relay for power loss, low battery.	

9-11 التصاميم الهندسية لمنظومات الإنذار للحريق

يتم إعداد التصاميم الهندسية لمنظومات الإنذار للحريق من قبل المهندس الكهربائي الذي يعد تصاميم التمديدات الكهربائية ؛ وقد يستعان بمصممين إختصاصيين في هذا المجال إن لم يكن لدى المهندس الكهربائي معلومات وافية . على أية حال ، وفي ضوء ما تم شرحه سلفا يحتاج المصمم للإطلاع على أحدث ما وصلت إليه الشركات المتخصصة من إنتاجها المحدث Up to date ، ومهما يكن التحديث فإن المبادئ الأساسية تبقى نفسها . وفيما يلي الخطوات المتبعة في التصميم :

1- إختيار لوحة الرسم التي سوف تثبت عليها التصاميم الخاصة بمنظومة الأنذارللحريق؛ وعادة ما تثبت مع تصاميم مآخذ القدرة ، أو قد يتم رسمها في لوحة مستقلة ،لاحظ الشكل (11-10) ، ولا يستوجب في الحالتين رسم كيفية الربط بين الكواشف نفسها أو بينها وبين اللوحة الرئيسية لأنه سيتم رسم لوحة مستقلة توضح ذلك . كذلك من المعروف أن الكواشف تربط فيما بينها ربطا تسلسليا (توالي).

2- يتم في البداية توزيع كاشفات الدخان على الغرف الإعتيادية (عدا المطابخ) في وسط سقوفها ويعطى لكل كاشف رقمان ، الأول على اليمين يدل على رقم المنطقة (Zone) والثاني على الشمال (اليسار) يدل على تسلسل الكاشف في الدارة.وذلك كما موضح في المرتسم التالي :



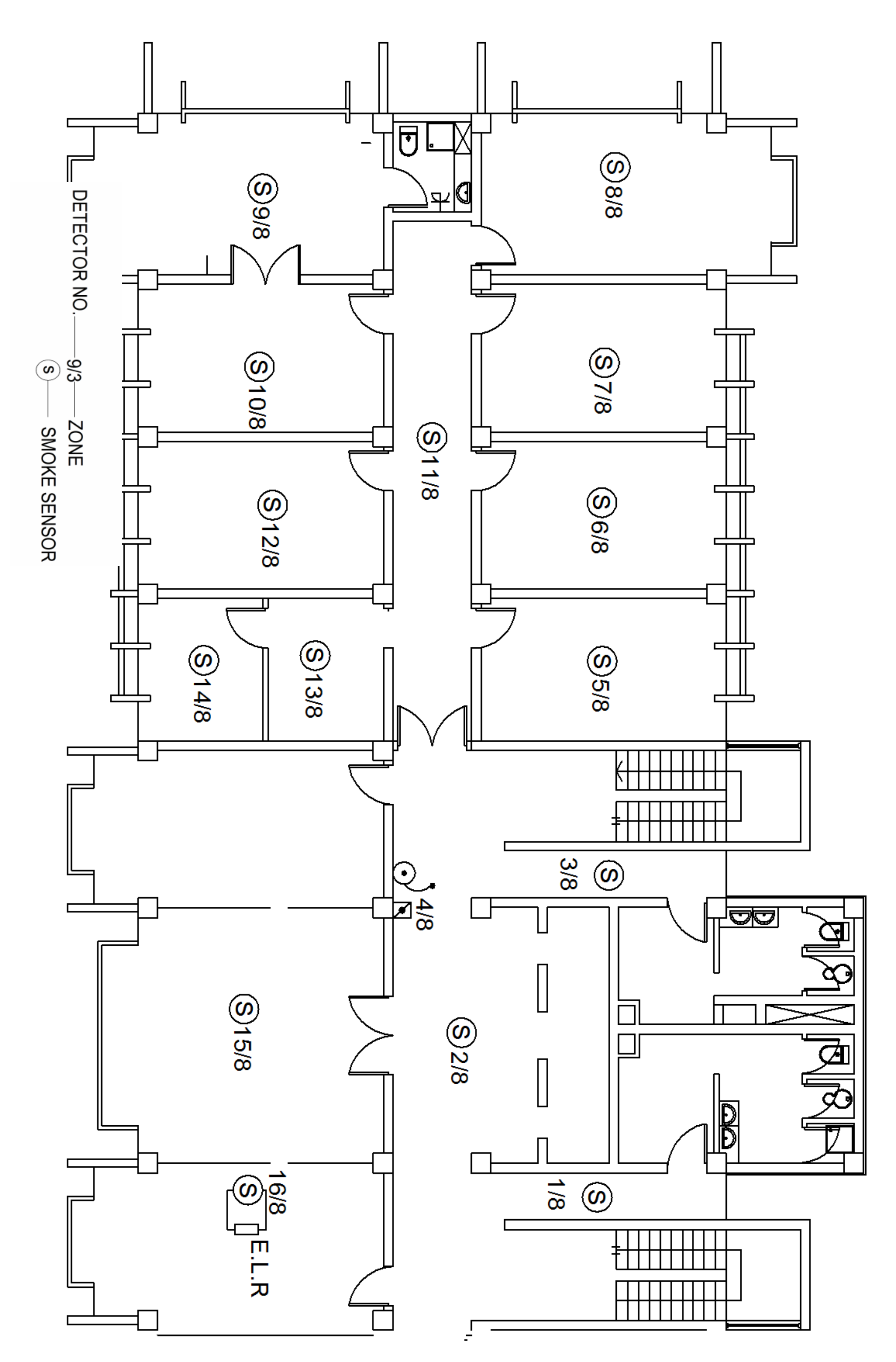
3- توزع الكواشف الحرارية في المطابخ والأماكن التي يحتمل أن توضع فيها أجهزة تنتج اللهب وتثبت الكواشف هذه في وسط سقف الغرف وتربط على التوالي مع كاشفات الدخان في المنطقة نفسها .

4- تثبت الكواشف اليدوية على الجدران وفي أماكن يسهل الوصول اليها كالممرات والأدرج وتربط كهربائيا مع الكواشف الأخرى على التوالي ضمن المنطقة الواحدة .

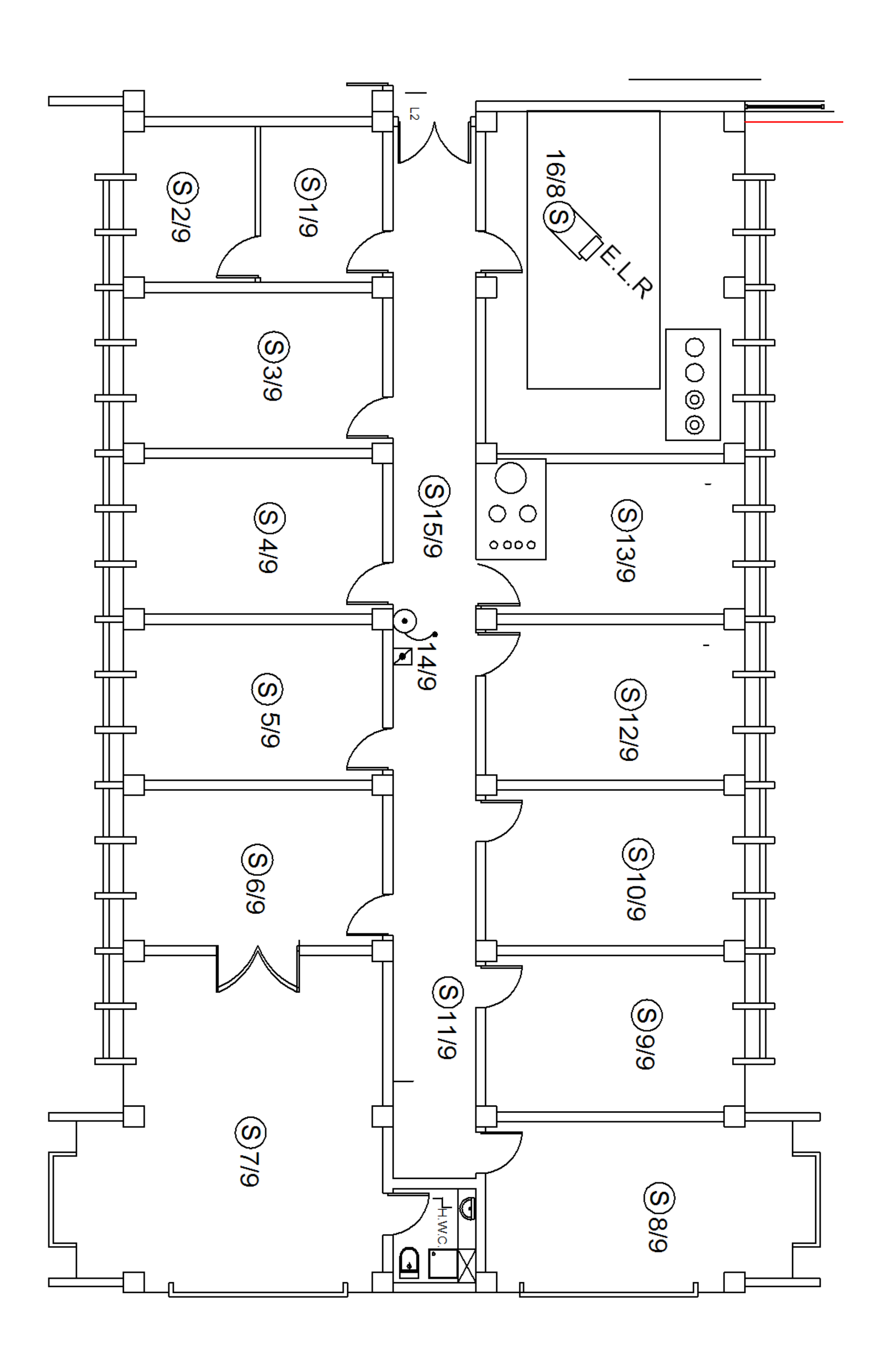
5- يربط ما عدده 18 كاشفاً كحد أقصى بحيث يشكل منطقة واحدة One Zone الى لوحة التوزيع الفرعية وينهى آخر كاشف بمقاومة نهاية الخط ELR . وإذا كان الطابق في البناية يحتاج إلى عدد أكبر من الكواشف فيتم عمل منطقة كشف ثانية وهكذا . وتربط اللوحات الفرعية الى اللوحة الرئيسية في البناية.

6- يوضع في كل طابق جرص أو جهاز تنبيه واحد في الأقل لكل منطقة كشف Zone حسب مساحة الطابق ويربط الجرص الى اللوحة الرئيسية .

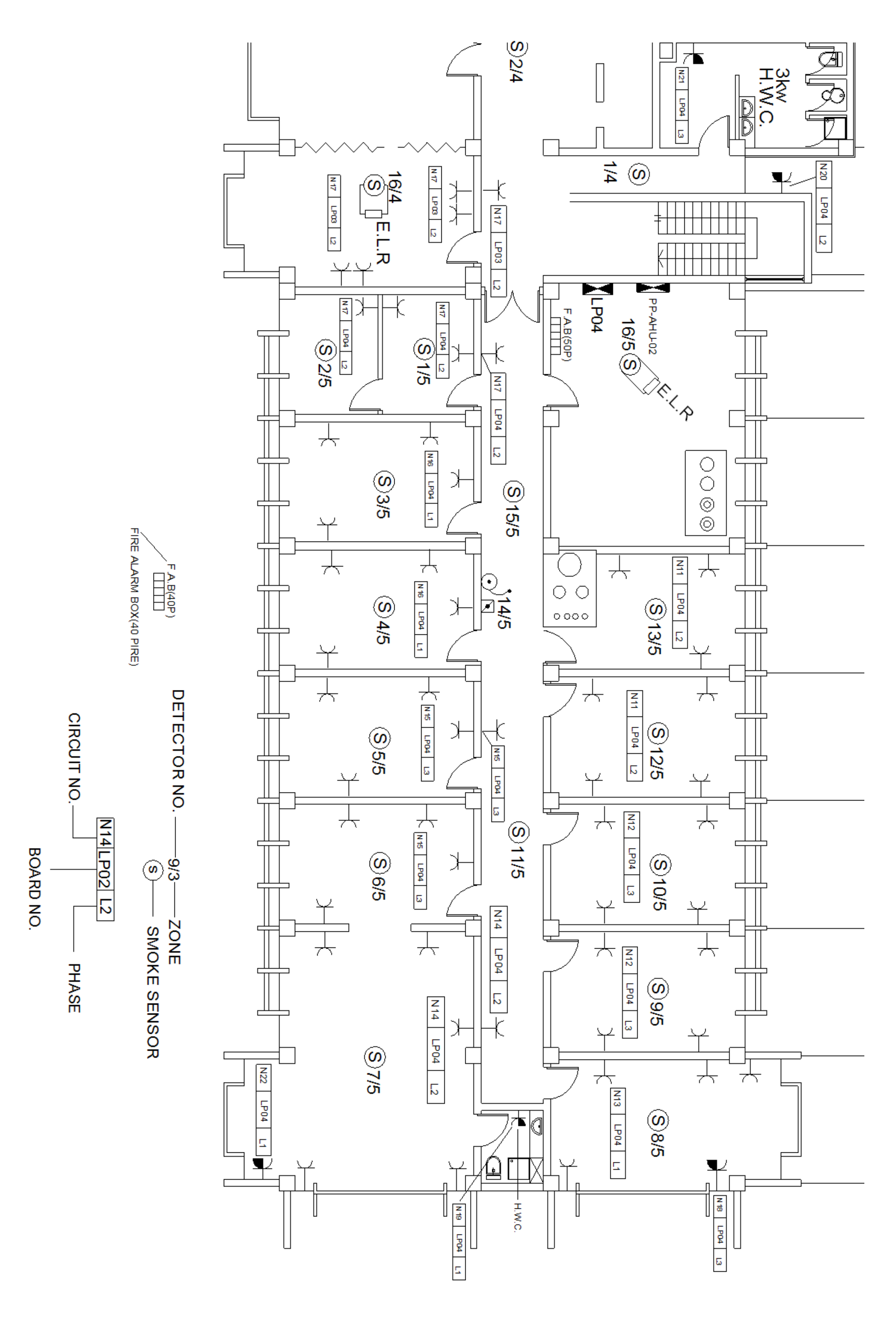
وتبين الأشكال (11-10) إلى (11-13) نماذج عملية منفذة لبنايات متعددة الطوابق للإفادة.



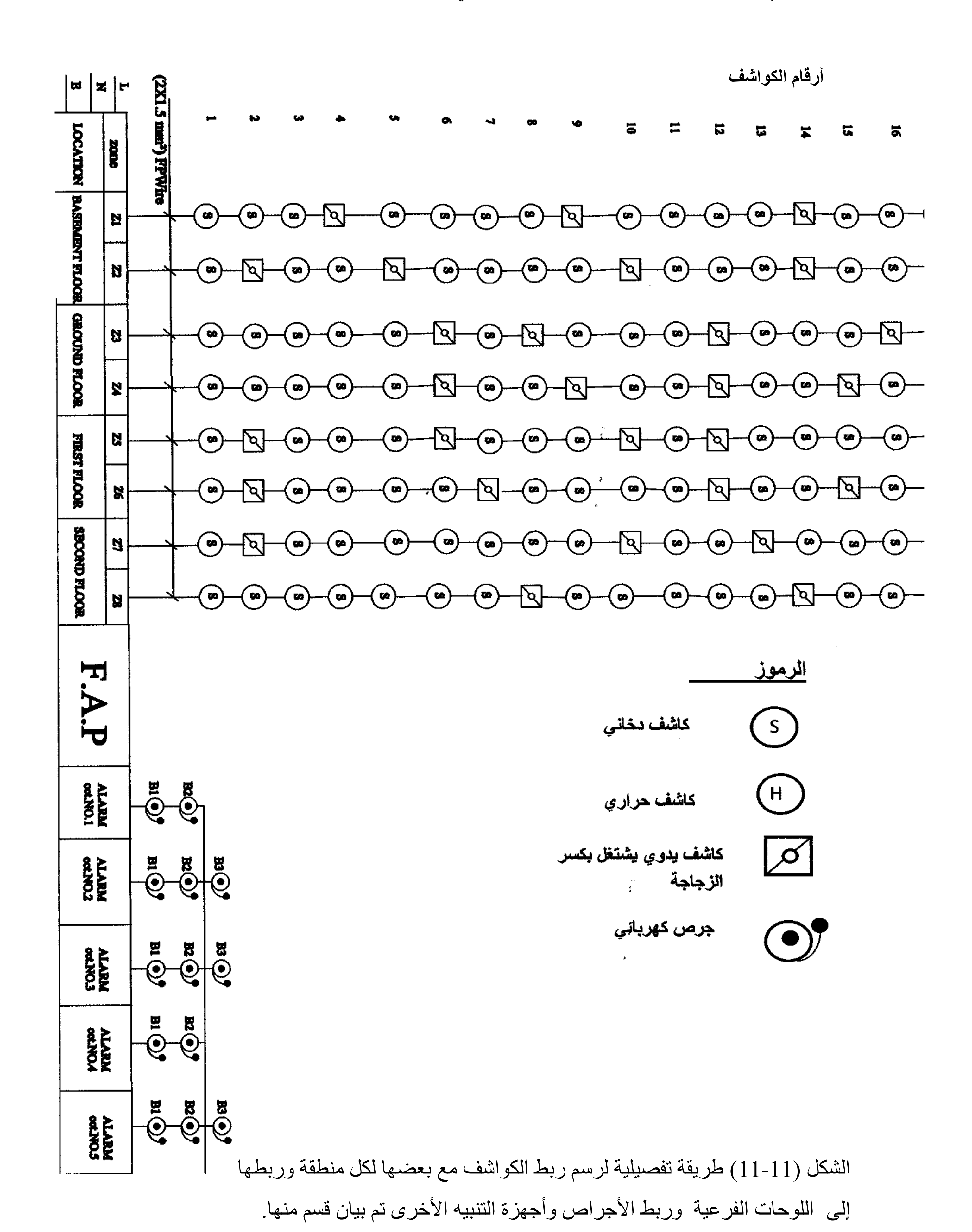
الشكل (11- 10 (أ)) توزيع كواشف الدخان في الجانب الشمالي لأحد الطوابق الوسطية لبناية كبيرة ، رسمت على لوحة مستقلة .



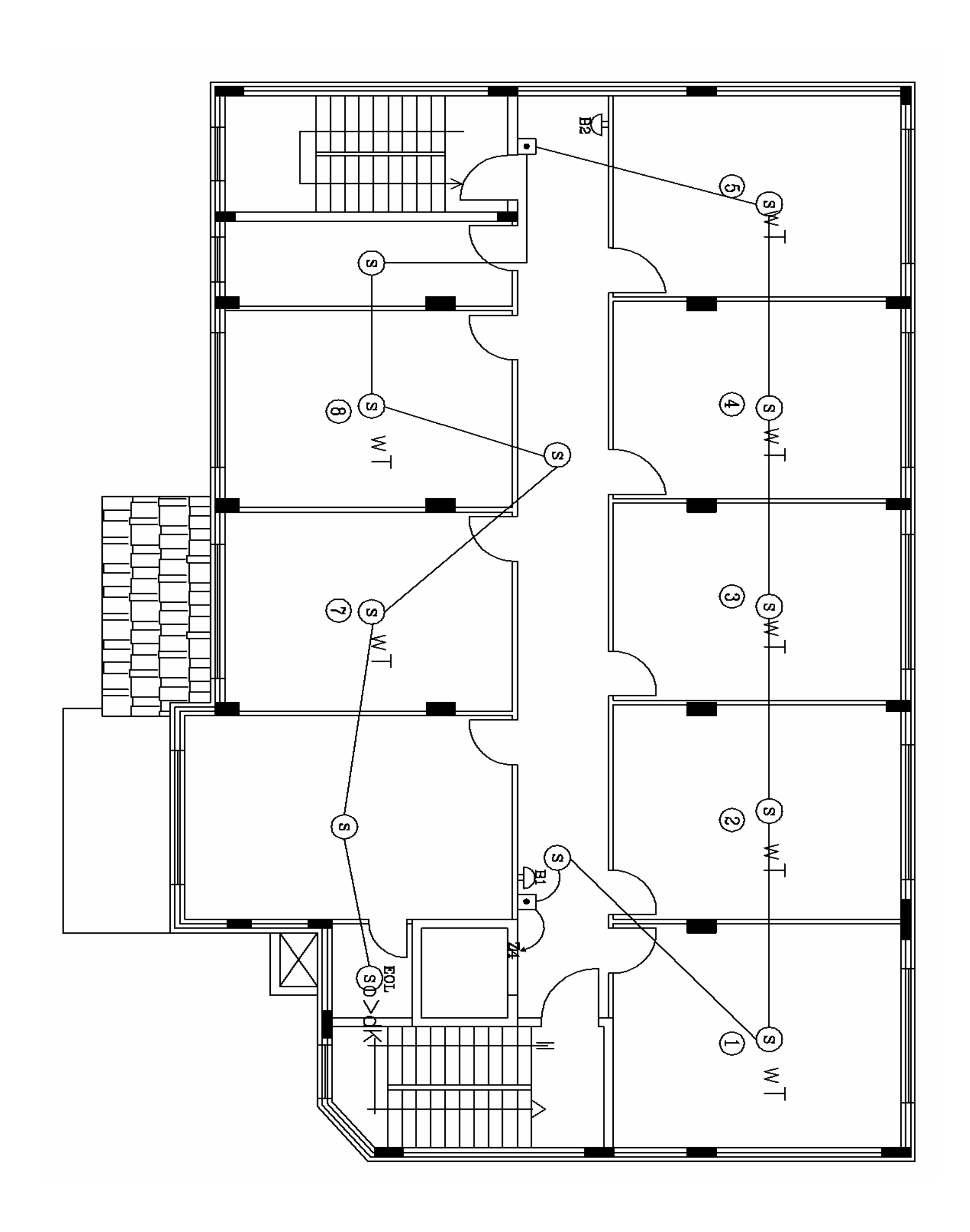
الشكل (11-10(ب)) توزيع كواشف الدخان في الجانب الجنوبي للطابق المبين في الشكل (11- (10(أ)) .



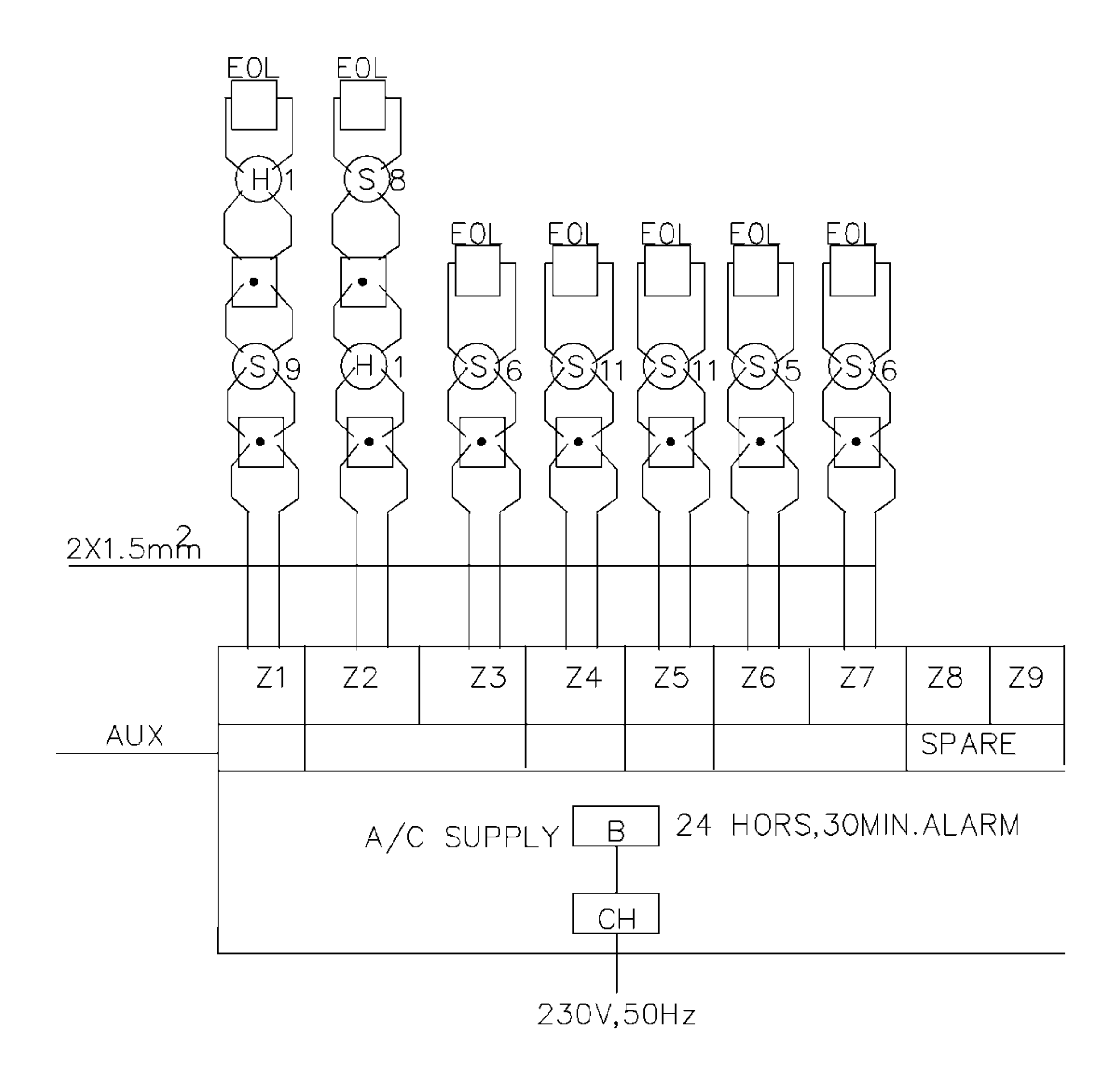
الشكل (11-10(ج)) توزيع كواشف الدخان في الجانب الجنوبي لأحد الطوابق رسمت مع لوحة المآخذ .



الشكل (11-11) طريقة تفصيلية لرسم ربط الكواشف مع بعضها لكل منطقة وربطها إلى اللوحات الفرعية وربط الأجراص وأجهزة التنبيه الأخرى تم بيان قسم منها.



الشكل (11-12) طريقة أخرى لتوزيع كواشف الحريق تبين الربط بين الكواشف .



الشكل (13-11) أسلوب آخر مختصر لبيان ربط الكواشف إلى اللوحات الفرعية واللوحة الرئيسية حيث تشير الأرقام على يسار الكاشف الى أعدادها في الدارة ، أما الرمز EOL فيشير الى نهاية الخط (End of Line) . لاحظ أن الكواشف تسلك عادة بسلك مقاوم للحرارة نوع FP أو MI قياس 2x2.5 ملمتر مربع أو قياس 2x1.5 ملمتر مربع .

الفصل الثاني عشر

منظومات الإتصالات والمنظومات الخدمية الأخرى في الأبنية الحديثة

1-12 مقدمة

قد تحتوي الأبنية الحديثةعلى منظومات مركزية خدمية مهمة منها:

1- منظومة الهاتف (التلفونات) ومنظومات الإتصال الداخلي
2- منظومة الإنترنت
3- منظومة المراقبة الأمنية (الكاميرات)
4- منظومة الستالايت (الأقمار الصناعية)
5- منظومة الإذاعة الداخلية
6- منظومة الساعات المركزية

وبما أن هذه المنظومات هي منظومات متخصصة وقابلة للتطور السريع فسوف نشرح باختصار المتطلبات التصميمية لها ، كما ننصح القارئ الكريم أن يقوم بأستشارة المختصين في تصاميم هذه المنظومات إن أراد القيام بتصميمها بنفسه لغرض مواكبة التطور العلمي الحاصل فيها وبدون الإلتزام بما سيرد من معلومات في هذا الكتاب حرفيا، واعتبار المعلومات الواردة مجرد دليل عام له.

2-12 منظومة الهاتف (التلفونات) Telephony system

تعتبر منظومة الهاتف من الخدمات الضرورية في كل بناية أو مجموعة أبنية لمنشاة واحدة ، وفي الأبنية الصغيرة التي تكون أهميتها محدودة يتم استعمال الهواتف التي تتصل بمركز الإتصالات للمدينة أو المنطقة مباشرة ، أما في الأبنية الكبيرة أولمجموعة أبنية تابعة لمنشاة واحدة ومتجاورة مع بعضها تكون عملية ربطها بشبكة الإتصالات للمدينة أمر ليس بالسهل حيث مثل هذه الخدمات تحتاج إلى عدد كبير من الخطوط قد لا يمكن توفره بسهولة. لذا يتم في مثل هذه الحالات نصب بدالة مركزية للبناية تتصل مع شبكة الإتصالات المركزية للمدينة بواسطة خطوط خارجية معدودة.

ويتم حساب عدد الخطوط الفردية لكل مشروع بعد معرفة احتياجات المبنى الهاتفية حيث يتم نصب خط هاتفي في كل غرفة مكتب أو القاعات وجميع المرافق الأخرى الضرورية ، ويكون توزيع نقاط الهواتف داخل البناية عبر خطوط تتفرع في صناديق ربط موزعة في أماكن مختلفة في البناية وترتبط هذه الصناديق الفرعية بلوحة توزيع رئيسية ترتبط بالبدالة المركزية للبناية أو لمجموعة أبنية أو ترتبط مباشرة بشبكة الإتصالات المركزية .

تتألف منظومة التلفونات المركزية لبناية كبيرة من الأجهزة والمعدات الآتية:

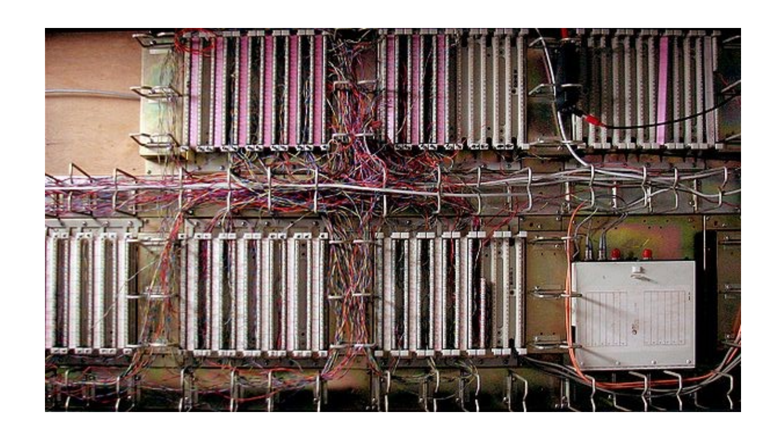
- البدالة الأوتوماتيكية الفرعية الخاصة (المقسم) Private Automatic Branch Exchange PABX
- إطار التوزيع الرئيسي Main Distribution Frame – MDF
- صناديق الربط أو الإتصال التلفوني الفرعية Telephone Communication Box – TCB
- المآخذ التلفونية Telephone Socket Outlets
- الأسلاك التلفونية Telephone Wires
- الأجهزة (التلفونات أو الهواتف)

1- البدالة الأوتوماتيكية الفرعية الخاصة (المقسم)

يتم إختيار البدالة (المقسم) في البنايات الكبيرة من النوع الألكتروني الصغيرة الحجم EPABX (Electronic PABX)حيث تستلم هذه البدالة عددا محدودا من خطوط الهاتف من شركة الأتصالات من أقرب نقطة أو خط تغذية وتقوم البدالة بتوزيع أعداد كبيرة من الخطوط داخل البناية نفسها حسب عدد الغرف والخطوط المطلوبة للخدمة . والبدالات الفرعية الحديثة بالرغم من صغر حجمها إلا أنها توزع أعدادا كبيرة من الخطوط الداخلية قد تصل إلى 500 خط حسب سعتها المطلوبة . والأنواع الرقمية منها Digital PABX تكون صغيرة أي بحجم الحقيبة اليدوية بحيث يمكن وضعها على طاولة صغيرة في غرفة البدالة (المقسم) .

2- إطار التوزيع الرئيسي MDF

الغرض من إستخدام هذه اللوحة أو ألإطار هو استلام ازواج أسلاك الخطوط الخارجة من البدالة أو المقسم وتوزيعها مركزيا على صناديق الإتصال التلفوني الفرعية TCB الموزعة داخل البناية لخدمة الطوابق وبقية مرافقها المهمة ، أنظر الشكل (12-1) .



الشكل (12-1) إطار التوزيع الرئيسي MDF .

3- صناديق الربط أو الإتصال الهاتفي الفرعية TCB

تستلم صناديق الإتصال الهاتفي الفرعية عددا معين من الخطوط وكل خط مؤلف من زوج من الأسلاك يتضمنها كيبل واحد أو أكثر من النوع المتعدد الأسلاك كأن يكون كيبل ذو 30 أو 50 زوج حسب الحاجة أي حسب عدد نقاط الهاتف في المنطقة المراد خدمتها . ويصنع الصندوق عادة من حاوية معدنية أو بلاستيكية مزودة بغطاء ملائم ،يثبت داخل الحاوية وصيلات Connectors خاصة لأسلاك الهاتف ، أنظر الشكل (2-12) الذي يبين منظورا لأحد هذه الصناديق البسيطة. وتثبت هذه الصناديق داخل الجدران، أي تكون مخفية Recessed وعلى ارتفاع 50 سنتمتر من مستوى الأرضية وفي أماكن مختارة من الطوابق بحيث تكون على خط مسار واحد صاعد ليسهل تنفيذها كأن يكون مهبط Shaft خاص بكيبلات الإتصالات معزول أو مستقلا عن مهابط كيبلات القدرة. وكذلك يجب أن تحتوي صناديق الربط على نقاط ربط اضافية كاحتياط لايقل عن 20% من احتياج البناية الفعلي وذلك لاحتمالات التوسعات المستقبلية في شبكة الهاتف لتلك البناية وبصورة عامة تستخدم كيبلات مسلحة بالنسبة للتوصيلات الخارجية أو الداخلية بالنسبة للمنشات الصناعية كالورش والتي تمتد الكيبلات فيها بصورة عامة على مماشي الكيبلات Cable trays أو تثبت مباشرة على الجدران ، وفي العموم يجب أن تكون كيبلات الهواتف بعيدة نسبيا عن كيبلات القدرة الكهربائية وبمسافة لاتقل عن 30سم بالنسبة لكيبلات الفولتية المنخفضة و50سم بالنسبة لكيبلات الفولتية العالية لتلافي التشويش الحاصل نتجية المجال الكهربائي أو المغناطيسي المتولد من كيبلات القدرة الكهربائية (التداخل الراديوي) .



الشكل (2-12) صندوق إتصال هاتفي فرعي.

4- الأسلاك والكيبلات الهاتفية (التلفونية)

تصنع ألأسلاك الهاتفية من النحاس عالي النقاوة معزولا بمادة كلوريد متعدد الفينيل PVC . وتكون الأسلاك عادة من النوع المجدول المرن الذي يتألف من عدة شعيرات نحاس رفيعة أو يكون صلدا (مصمت) ، لكنه مرن ، وتكون قياساته من 0.4 ملم – 0.6 ملم . ويفضل إستخدام القياس 0.6 ملم للبنايات الكبيرة على غيره من القياسات . ويكون زوج أسلاك الهاتف مبروما Twisted pair لتقليل التداخلات الراديوية أو الكهرومغناطيسية EMI . أما الكيبلات الهاتفية فتكون إما مدرعة بواق معدني Shielded أو غير مدرعة Unshielded حسب الحاجة. على أية حال، يمكن تصنيف أنواع الأسلاك والكيبلات الهاتفية كما يأتي:

- الكيبل المبروم غير المدرع Unshielded Twisted Pair Cable (UTP)
- الكيبل المبروم المدرع Shielded Twisted Pair Cable (STP)

- السلك المبروم متعدد أزواج الأسلاك
- كيبل الألياف الضوئية Fiber Optic Cable
- الكيبل المحوري Coaxial Cable

ويبين الشكل (12- 3) أهم أنواع الكيبلات والأسلاك الهاتفية المستخدمة في الأبنية ،حيث يعد الكيبل المبروم غير المدرع UTP من أهم الكيبلات المستخدمة في التمديدات التلفونية وشبكات نقل المعلومات (الإيثرنيت) لشبكات الحاسوب حيث كانت هذه الشبكات تستخدم كيبلات محورية عالية الكلفة ، الا أن بعض الشركات قامت بتطوير الكيبل UTP بحيث يستطيع نقل حزم عريضة للبيانات. وعلى هذا الأساس تم في السنوات الأخيرة تصنيف هذا الكيبل الى فئات خمس كالآتي:

(أ) الفئة 1 (Cat1) لخدمة الهواتف .

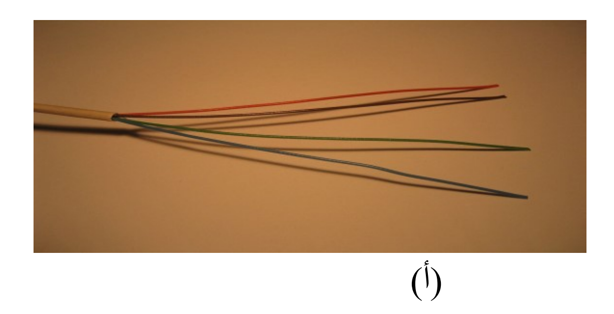
(ب) الفئة 2 (Cat2) لشبكات الحاسوب ذات السرعة البطيئة .

(ج) الفئة 3 (Cat3) لشبكات الإثرنيت (Ethernet) ذات سرعة 16Mb/s .

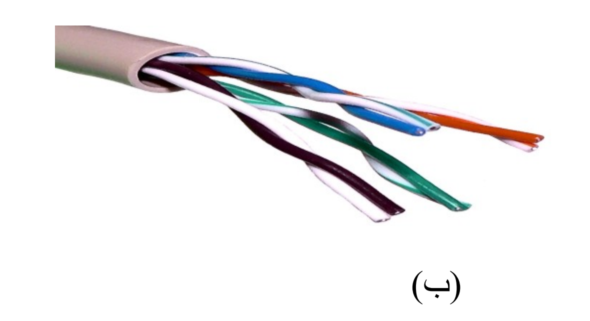
(د) الفئة 4 (Cat4) لشبكات ذات سرعة 20Mb/s .

(ه) الفئة 5 (Cat5) لشبكات ذات سرعة 100 Mb/s .

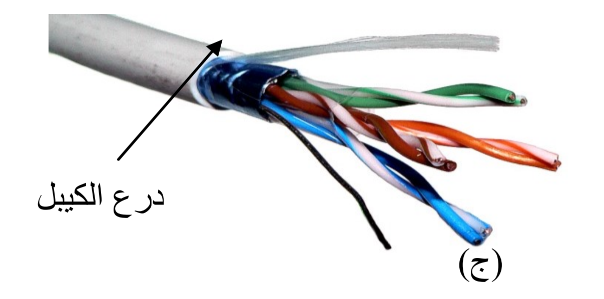
تخرج الأسلاك الهاتفية من صناديق الإتصال الهاتفي الفرعية TCB المثبتة في الطوابق الى نقاط الهاتف المختلفة في الغرف والمرافق الأخرى . وفي العموم توضع نقطة هاتف واحدة في الأقل في كل غرفة وتوزع الاسلاك خلال انابيب (مواسير) بلاستك قطر20 ملم في الاقل وحسب عدد الاسلاك المارة فيه. ويتم تحديد هذه الانابيب بنفس نظام تمديد انابيب للتمديدات الكهربائية الوارد ذكرها في الفصل الاول ويراعى في ذلك اتباع جميع المتطلبات الخاصة بالتمديدات الكهربائية نفسها .



(أ)



(ب)

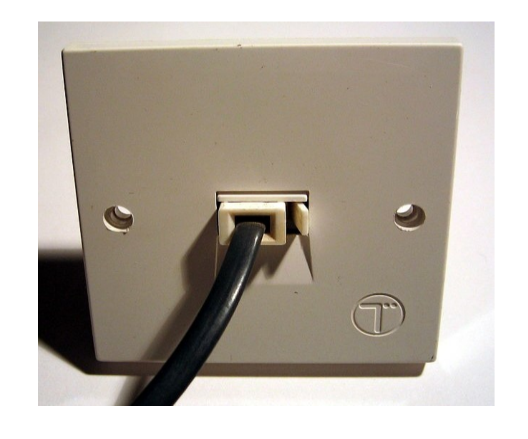


(ج)

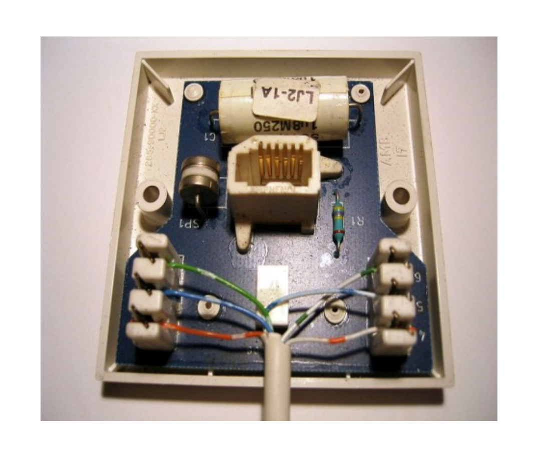
الشكل (12-3) (أ) سلك هاتف ذي زوجين من الأسلاك (ب) كيبل هاتف غير مدرع UTP (ج) كيبل هاتف مدرع STP .

5.مآخذ الهواتف

تنتهي كل نقطة هاتف بمأخذ هاتف مع الصندوق الخاص به لغرض ربط جهاز الهاتف إليه كمرحلة نهائية. وتكون مآخذ الهواتف على أشكال مختلفة كأن تكون ذات فتحتين 2-pn (النوع القديم) الذي يخدم الهواتف القديمة التناظرية Analogue أو ثلاث أو اربع فتحات 3 or 4-pin وحسب نظام الدولة الذي ينتشر فيها استخدام نوع معين. إلا أن أجهزة الهواتف الرقمية التي تستخدم الأنواع الجديدة من المآخذ التي يكون فيها نظام التوصيل المسمى بالمقبس المسجل Registered jack(RJ) وهو نظام جديد وسهل حيث تم استبدال القوابس القديمة plugs بنظام القابس المسجل هذا. ويبين الشكل (4-12) مأخذ هاتف بريطاني الصنع ، والشكل (5-12) عدة أنواع من القوابس المسجلة المستخدمة في دول عديدة . أما أشهرها فهو القابس المسجل RJ11 الخاص بوصل سلكين والقابس RJ14 الخاص بوصل أربعة أسلاك (خطين) والقابس RJ45 الذي يحوي أربعة أو ستة أو ثمانية أسلاك والذي يستخدم في الغالب لنقاط البيانات والحاسبات كما سيرد ذكرها لاحقا.

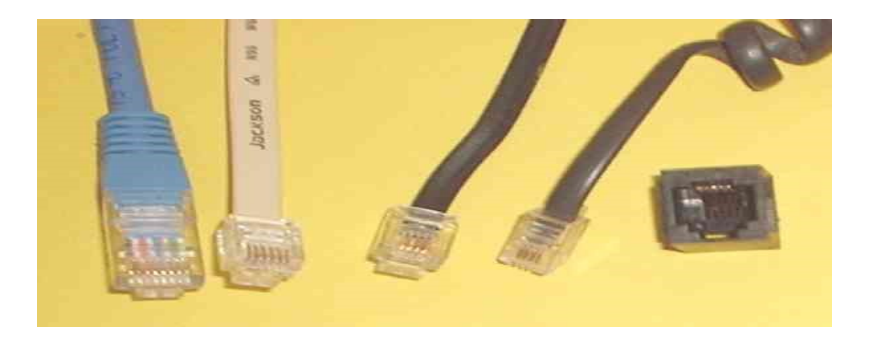


(أ)



(ب)

الشكل (4-12) مآخذ هاتف بريطانية الصنع حديثة (أ) منظر أمامي للمآخذ (ب) منظر خلفي للمأخذ يبين اسلوب ربط الأسلاك التلفونية .



الشكل (5-12) أنواع من القابس المسجل RJ11 .

6. اجهزة الهواتف

تتخذ أجهزة الهواتف أشكالا مختلفة وصناعات شتى وأشهرها الأجهزة الرقمية الحديثة الموضحة في الشكل (12-6) وتعطي هذه الهواتف خدمات متنوعة للمستخدم اذ أنها يمكن أن تستخدم كهواتف عادية أو هواتف حاوية أيضا على منظومات الإنتركم القديمة . وتقسم أنواع الهواتف المستخدمة في الأبنية بصورة عامة إلى ثلاثة أنواع ريئسية هي :-

أ- الهواتف المنضدية : تستخدم هذه الهواتف عموما في جميع غرف المكاتب وقاعات الإجتماعات وصالات الإستعلامات والإستخدامات العامة الأخرى .

ب- الهواتف الجدارية : وتستخدم هذه الهواتف في الممرات والقاعات الصناعية أو صالات التجميع والمخازن وتثبت على الجدران ، وقد تحفظ هذه الهواتف داخل كابنيات كاتمة الصوت وخاصة في الصالات التي يكثر فيها التجمع وفي الورش والمعامل الصناعية التي تكثر فيها الضوضاء.

ج- الهواتف العمومية للاتصالات الخارجية : وتكون هذه الهواتف مصممة بحيث لا تعمل إلا بوضع قطعة نقود لتحقيق الإتصال عبرها .



الشكل (12-6) جهاز هاتف رقمي حديث.

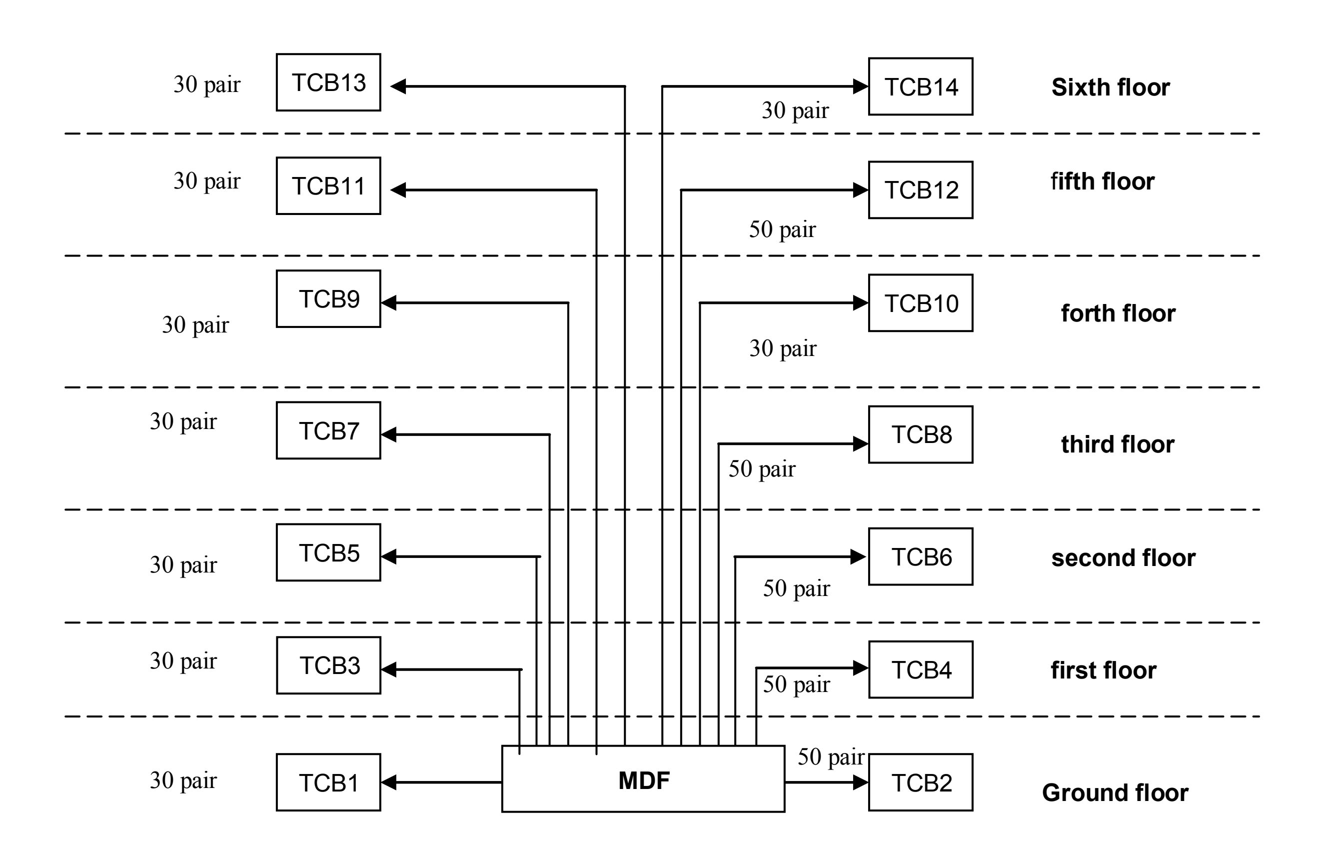
منظومة الإتصال الداخلي (Intercom)

وتتكون هذه المنظومة من بدالة داخلية صغيرة ذات سعة من الخطوط مناسب لإحتياجات البناية كما يراعى أن تكون سعة البدالة بعدد من الخطوط أكثر من احتياجات البناية بنسبة 20% في الأقل كاحتياط للتوسعات المستقبلية . وترتبط بهذه البدالة مجموعة أجهزة الاتصال الداخلي Intercom ويتم تسليك ونصب أجهزة الإتصال الداخلي في كل من غرف المكاتب والإستعلامات ،و يكون مبدأ عمل هذه المنظومة مشابها لمنظومة هاتف داخلية .

أن منظومة الإنتركم هذه كمنظومة مستقلة بدأت بالإنقراض في الوقت الحاضر لظهور البدالات والهواتف الرقمية الحديثة التي تؤمن الإتصال الخارجي والداخلي على حد سواء بدون الحاجة إلى

منظومة مستقلة باهضة التكاليف . كذلك من الممكن أيضا أن تؤمن البدالات الرقمية الإتصال المركزي فيما بين أبنية متعددة متجاورة لمنشأة كبيرة في الوقت نفسه.

ولأجل الفائدة ، يبين الشكل (12-7) مخططاً بسيطاً لتصميم منظومة هاتف لبناية كبيرة متعددة الطوابق.



الشكل (12-7) مخطط بسيط لمنظومة هاتف لبناية متعددة الطوابق.

3-12 منظومة الإنترنت

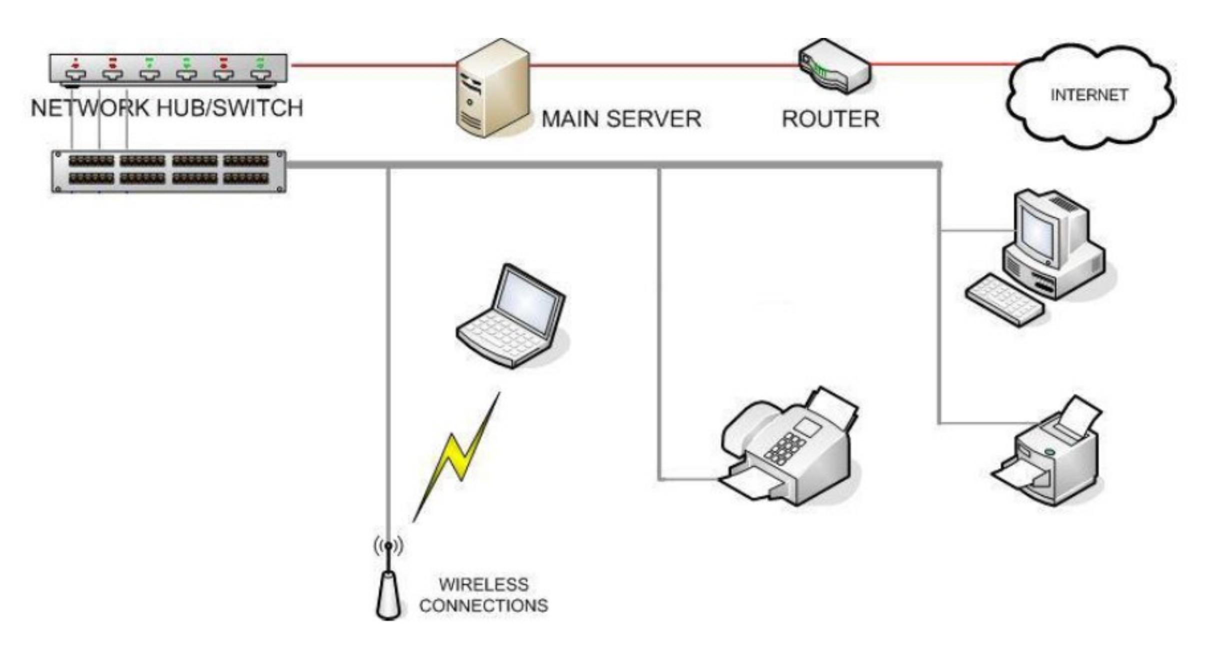
تكون تمديدات منظومة الإنترنت بسيطة مقارنة مع المنظومات الأخرى حيث تحتاج إلى الأجهزة الآتية:

1.مستقبل مهاييء Receiver modem بمواصفات معينة للتحميل المستلم Download او للتحميل المرسل Upload . وقد يستخدم الموجه Router مع خادم Server لهذا الغرض .

2. مجمع (قب) Hub رئيسي لإستلام الإشارة من المستقبل المهاييء ويقوم بتوزيعها إلى مجمعات ثانوية في البناية

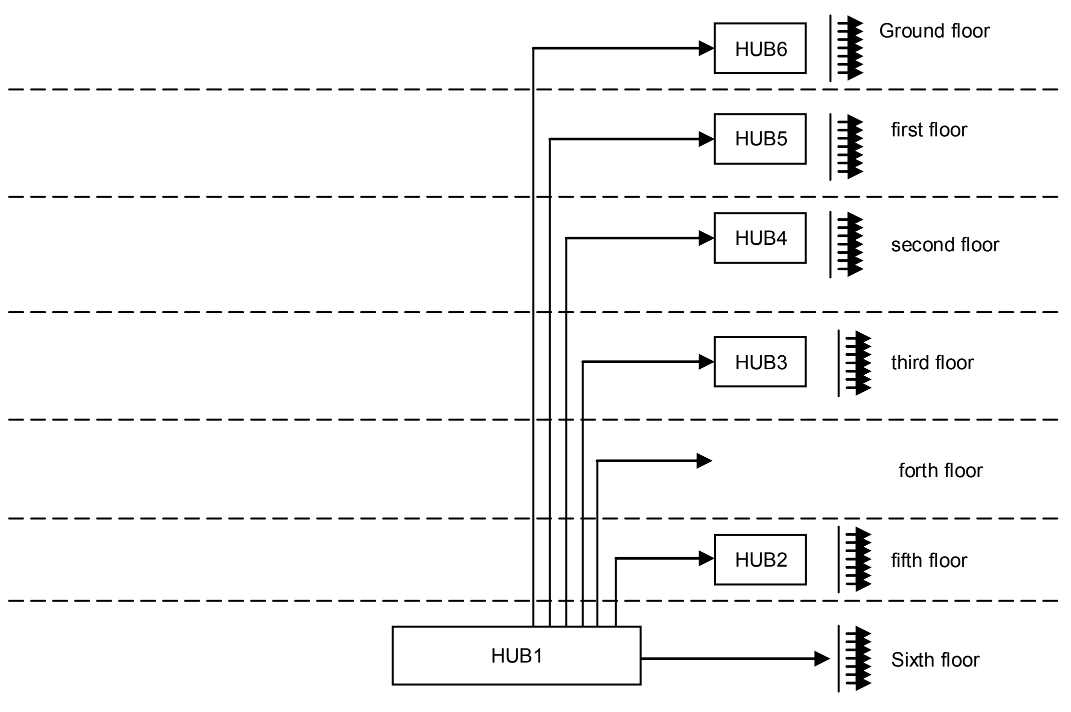
3. مخارج Outlets خاصة لربط أجهزة الحواسيب بالإنترنت وهي تشبه مآخذ التلفونات التي مر ذكرها وقد تستخدم مآخذ التلفونات نفسها إذا كانت الخدمة عن طريق نظام الـ ADSL .

4. كيبلات UTP الخاصة بربط شبكات الإنترنت (أو قد يستخدم الكيبل الضوئي لهذا الغرض) . ويعطي الشكل (12- 8) نموذجا لتوزيع شبكة انترنت بسيطة .

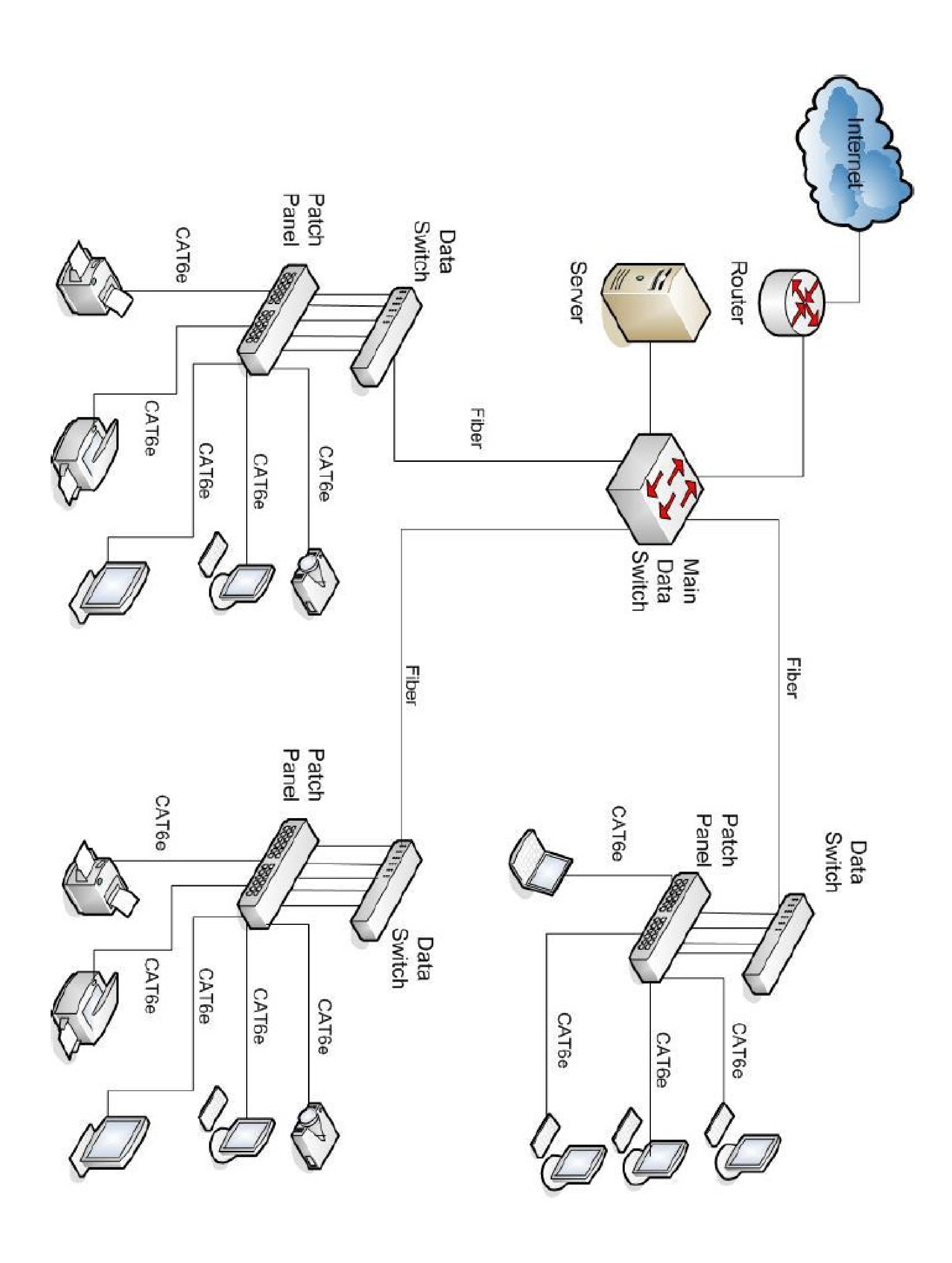


الشكل (12-8) شبكة انترنت بسيطة .

أماالشكل (12-9) فيبين نموذجا لتوزيع شبكة لبناية متعددة الطوابق. كذلك يبين الشكل (12- 10) نموذجا لتوزيع شبكة انترنت كبيرة نسبيا . وتجب الإشارة إلى أن منظومات الإنترنت هذه في تطور مستمر ويجب أن يراعى في إختيارها وتصميمها المنظومات الحديثة التي تظهر في الأسواق في كل سنة. ويجب إستشارة المختصين في هذا المجال حول آخر التطورات .



الشكل (12- 9) نموذج لتوزيع شبكة الأنترنت لبناية متعددة الطوابق .



الشكل (12-10) شبكة انترنت كبيرة نسبيا .

12- 4 المنظومة الأمنية (الكاميرات) أو الدوائر التلفزيونية المغلقة (CCTV)

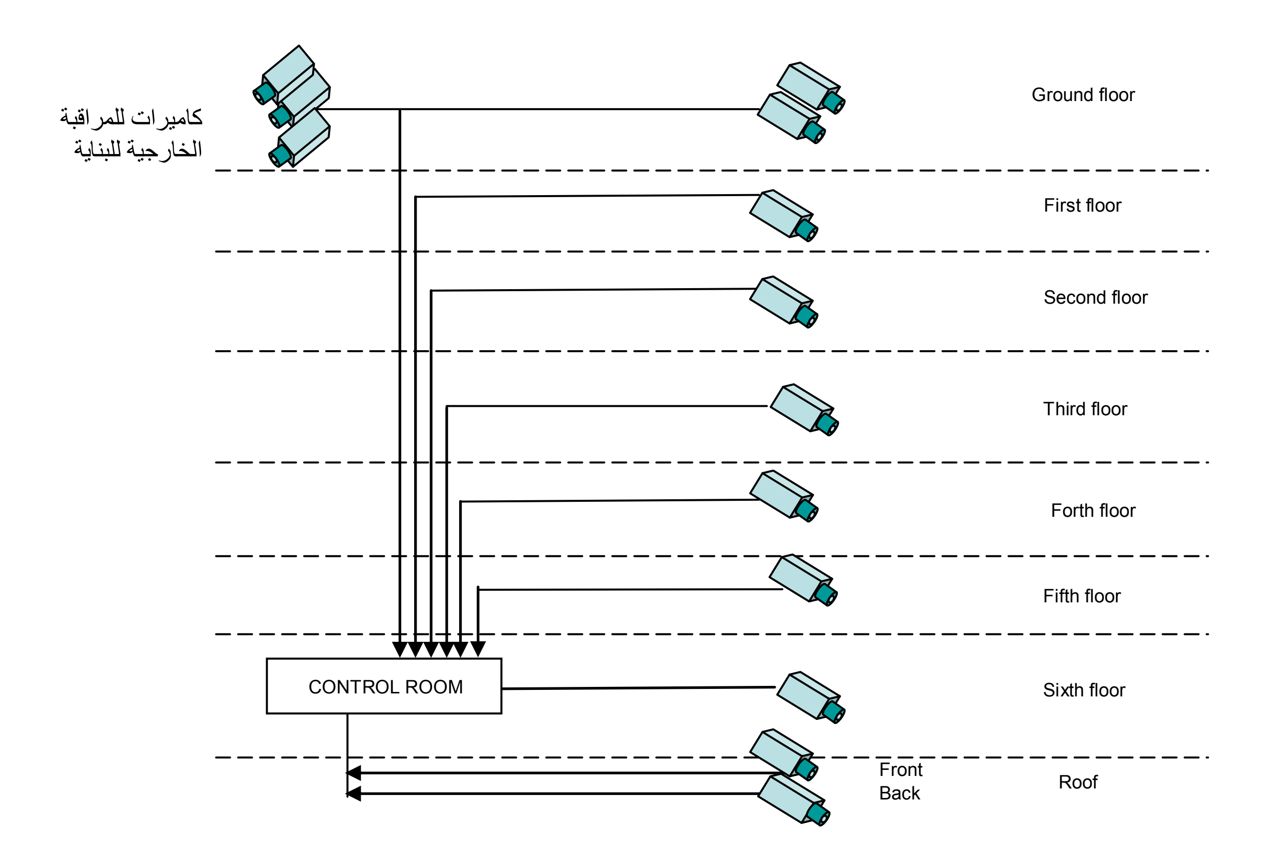
تتألف المنظومة الأمنية في البناية من الأجهزة والمعدات التالية:

1. كاميرات مراقبة من النوع الذي يثبت في العراء Outdoor لمراقبة الشوارع المحيطة بالبناية ومداخلها ومقترباتها .
2. كاميرات مراقبة من النوع الداخلي Indoor تثبت داخل الطوابق نفسها لمراقبة الحركة داخل الممرات وأماكن مختارة من البناية .

وتتخذ كاميرات المراقبة هذه أشكالا مختلفة فإما أن تكون ظاهرة من النوع الذي يثبت على الجدران أو مخفية داخل السقوف وتظهر عدستها على شكل قبة صغيرة .

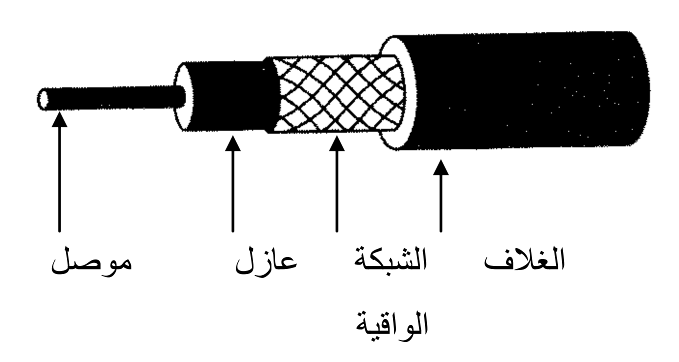
3. شاشات مراقبة تلفزيونية تقوم بإظهار الصور التي تبثها الكاميرات من المواضع المختلفة وتسجيلها.

وتوضع الشاشات عادة في غرفة سيطرة مركزية خاصة في البناية ويكون عددها مختارا بحيث تربط شاشة واحدة لكل أربع كاميرات أو أكثر, وقد تزود كل كاميرة بشاشة واحدة حسب الحاجة ، ويبين الشكل (12-11) مخطط توزيع كاميرات المراقبة على الطوابق والمداخل لبناية متعددة الطوابق .



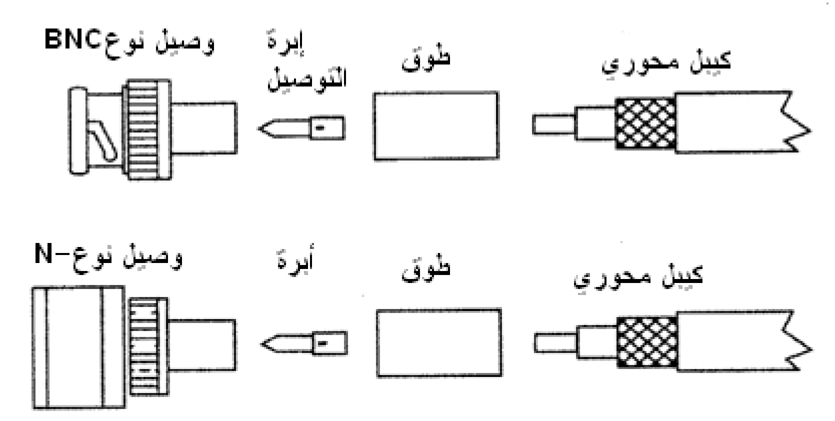
الشكل (12-11) مخطط توزيع كاميرات المراقبة على الطوابق والمداخل لبناية متعددة الطوابق .

4. كيبلات أو أسلاك الربط وتكون هذه الأسلاك من نوع الكيبل المحوري RG-6 المستخدم في هوائيات التلفزيون المركزية وكذلك النوع RG-59 وهو كيبل محوري مناسب لمسافات تصل الى 350 مترا (الأبنية الصغيرة) أما في الأبنية الكبيرة فيستخدم الكيبل نوع RG-11 الذي يحمل الإشارات الى مسافة قد تصل الى 750 مترا. وتستخدم هذه الكيبلات لربط الكاميرات إلى شاشات المراقبة. ويبين الشكل (12 -12) مكونات الكيبل المحوري المستخدم في التمديدات الخاصة بالمنظومات الأمنية .



الشكل (12-12) بنية الكيبل المحوري RG-6 .

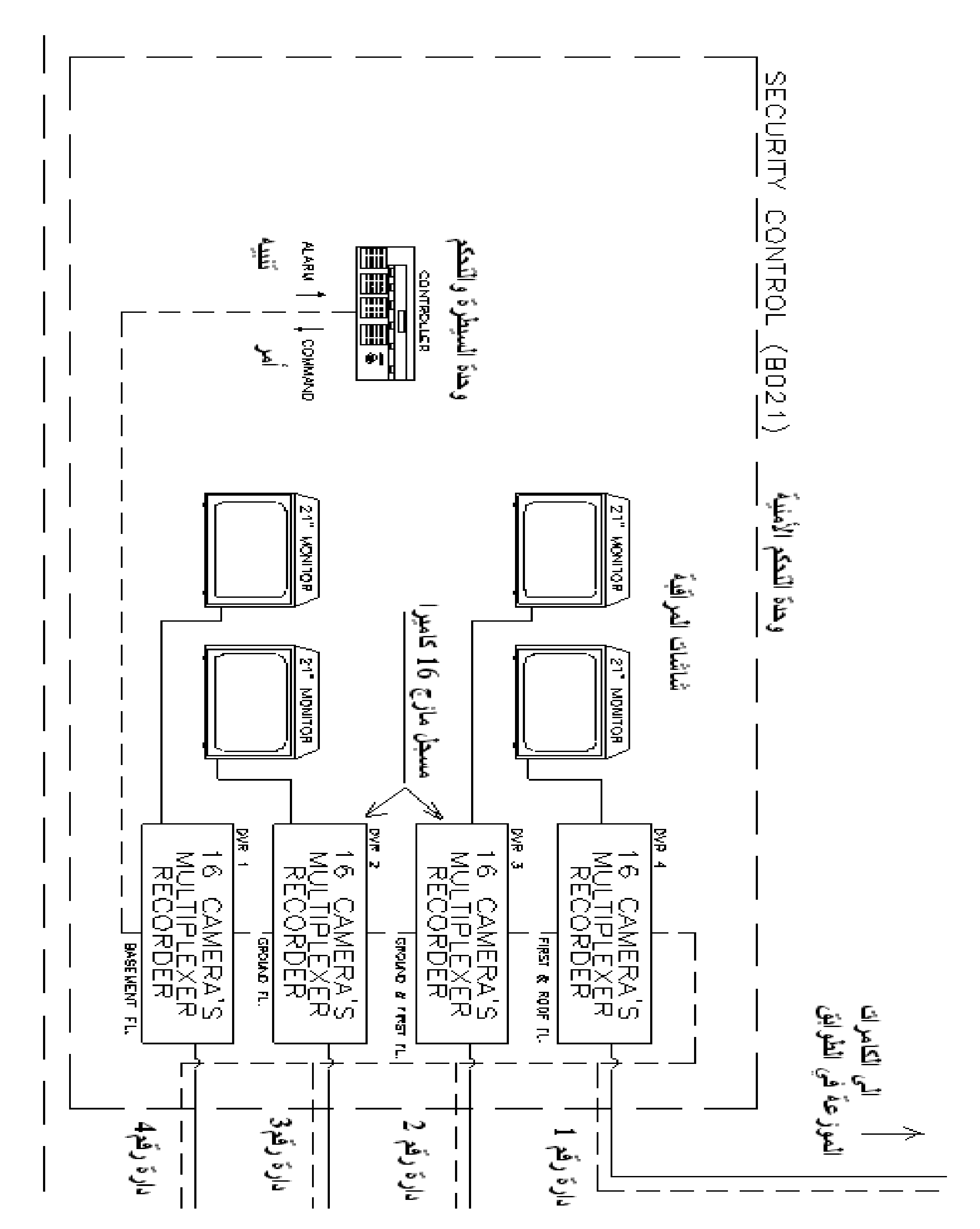
ويكون توصيل الكيبلات المحورية مع بعضها أو مع الأجهزة والكاميرات بوصلات خاصة ، حيث تستخدم وصيلات نوع BNC في العموم في هذه المنظومات ، ويستخدم الوصيل نوع N في الكيبلات المحورية الأضخم حجما ، أنظر الشكل (12 -13) الذي يبين هذين النوعين من الوصيلات .



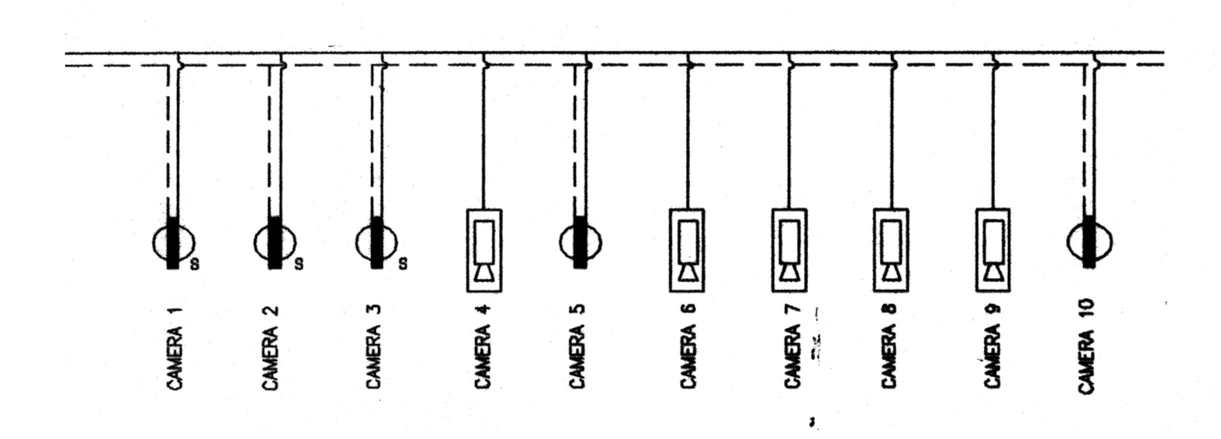
الشكل (12-13) الوصيلات المستخدمة في الكيبلات المحورية للمنظومة الأمنية CCTV .

أما مكونات غرفة السيطرة فتضم وحدة تحكم Controller لإعطاء الأوامروبث إشارات الإنذار (Alarm) ومسجلات فيديو رقمية Digital Vidio Recorder (DVR) لها قابلية الإرسال المتعدد المتوازي Multiplexing وسعات معينة لإستقبال عدد معين من الكاميرات كأن تكون ذات سعة 10 أو 16 كاميرا حسب الحاجة ووسع البناية نفسها. وكل وحدة تسجيل تربط إلى شاشة مراقبة واحدة . ويربط

على كل وحدة من هذه الوحدات لحد 16 كاميرا مثلا موزعة في طابق واحد أو أكثر، ويبين الشكل (12-14) مكونات غرفة السيطرة ،أما الشكل (12- 15) فيوضح اسلوب ربط الكاميرات ضمن الدارة الواحدة.



الشكل (12-14) تصميم حديث لمنظومة أمنية لبناية مستشفى .



LEGEND:

CCTV CAMERA INDOOR, FIXED LENSE
WALL BRACKET MOUNTED

CCTV CAMERA INDOOR, PAN, TILT, ZOOM LENSE
CEILING MOUNTED

CCTV CAMERA OUTDOOR, PAN TILT, ZOOM LENSE
SUSPENDED CEILING MOUNTED

BELDEN 9259 FOR CAMERAS

BELDEN 8777 CONTOL OF P+Z CAMERAS

الرموز

- كاميرا داخلية ذات عدسة ثابتة من النوع الذي يثبت على الجدار
- كاميرا داخلية ذات عدسة متحركة من النوع الذي يثبت على السقف
- كاميرا داخلية ذات عدسة متحركة مع مقرب من النوع الذي يثبت على السقف
- كيبلات محورية للربط والتوليف حسب نوعية الكاميرات

الشكل (12- 15) اسلوب ربط الكاميرات ضمن الدارة الواحدة .

وبصورة عامة تكون التمديدات الخاصة بالدائرة التلفزيونية المغلقة بسيطة نسبيا ولكن يتطلب مد الكيبلات المحورية عناية كبيرة وخاصة عند تثبيتها على مماشي الكيبلات أو على الجدران أو داخل الأنابيب حيث يجب تجنب الثني أو الحني القوي للكيبل لئلا تتمزق الشبكة الواقية Shield أوينقطع الموصل نفسه وبذلك نخسر نقل المعلومات أو البيانات المنقولة خلال الكيبل.

12- 5 منظومة الستالايت

تتألف منظومة الستالايت في البناية من تمديدات بسيطة تشمل مد أسلاك الستالايت من نوع RG-6 الى الغرف التي يتم اختيارها في البناية لوضع المستقبلات Receiver فيها . وتمد هذه الأسلاك داخل أنابيب بلاستيك تنتهي جميع هذه الانابيب في غرفة في الطابق العلوي من البناية لغرض ربطها مع صحون الاستقبال Dishes عن طريق لوحة مركزية تقوم باختيار محطات معينة من صحون الإستقبال وبثها الى المستقبلات.

6-12 منظومة الإذاعة الداخلية والسماعات

تحتاج بعض المشاريع أو الأبنية الكبيرة نسبيا إلى وسائل سريعة للاستدعاء مثل الإذاعة الداخلية (للنداء العام) . وقد تشمل هذه المنظومة على أجهزة أخرى إضافة إلى جهاز النداء العام مثل أجهزة الراديو أو التسجيل لغرض استخدامها في حالات المناسبات أو لأغراض بث الموسيقى في بعض الأماكن إضافة لغرضها الرئيسي وهو النداء العام .

في المنشات الكبيرة التي تحتوي على مجموعة أبنية يتم ربط أبنية هذه المنشآت بمحطة إذاعة مركزية ويفضل أن يكون الإتصال لاسلكيا بين المحطة الرئيسية والمحطات الفرعية لتلافي مد الأسلاك والكيبلات في الأرض لضمان سلامة الإتصال الجيد وذلك باختيار تردد مناسب للإتصال . وتتكون المنظومة بصورة عامة مما يأتي:

- محطة البث الرئيسة وتتألف من :

1- جهاز إرسال لاسلكي (ذو تردد معين يتم تخصيصه من قبل لجنة خاصة)

2- هوائي إرسال: ويكون الهوائي ذي مواصفات خاصة وبارتفاع معين وذلك لبث الإشارات ويكون موقعه على أسطح الأبنية أو على عمود حامل للهوائي يثبت بطريقة جيدة.

3- جهاز مضخم الصوت

يجب أن يكون جهاز مضخم الصوت بقدرة (Wattage) مناسبة بحيث يعمل على تكبير الصوت المستلم من المايكرفون أو أجهزة الراديو والتسجيل لغرض تحويلها إلى جهاز الإرسال اللاسلكي وبثها.

4- لوحات السيطرة : قد تحتوي المحطة الرئيسية على لوحة سيطرة أو عدة لوحات سيطرة حسب الحاجة لذلك. وتتكون لوحة السيطرة للمحطة الرئيسية من جهاز المايكروفون و مجموعة أزرار لأغراض التشغيل والسيطرة و اختيار تشغيل الأجهزة ومصابيح الإشارة (الدلالة) للاستدلال عن حالة اشتغال المنظومة.

وتربط لوحة السيطرة بمنظومة المحطة الرئيسية بواسط كيبل ذي طول مناسب حسب مواقع اللوحات وبعدها عن المحطة، واذا احتوت المحطة على عدة لوحات للسيطرة فيكون تشغيلها حسب نظام الأسبقية المتفق عليه تجنبا لحالات التداخل في البث من كل لوحة سيطرة في آن واحد.

5- الأجهزة الملحقة بالمحطة : إضافة إلى ماورد في أعلاه توجد في كل محطة أجهزة ملحقة تؤدي خدمات متنوعة مثل أجهزة القدرة وأجهزة بث نغمة معينة للتنبيه قبل النداء العام وأجهزة قياس شدة الصوت إضافة إلى سماعة مراقبة الصوت الداخلية .

و تحفظ هذه الأجهزة جميعها في كابينة ذات حجم قياسي ويترك مجال فيها لغرض الإضافات أو التوسعات المستقبلية في حالة الرغبة بزيادة سعة المحطة أو إدخال أجهزة إضافية إليها .

- محطات الإستلام الفرعية :

لا تختلف المحطات الفرعية عن محطة الإرسال الرئيسية إلا باختلافات بسيطة حيث يتم فيها نصب جهاز إستلام بدلا من جهاز الإرسال اللاسلكي ، ويعمل جهاز الإستلام على التردد نفسه الذي يعمل عليه جهاز الإرسال . ويتم اختيار مضخم الصوت للمحطات الفرعية حسب حجم البناية واحتياجاتها من السماعات، حيث ان عدد و قدرة السماعات هو الذي يحدد سعة مضخم الصوت .

ويكون الربط بين مضخم الصوت والسماعات سلكيا وتنقل الاشارة باستخدام فولتية الخط (100V,70V,50V) وهذه الطريقة التي تستخدم فولتية الخط line voltage تكون سهلة بالربط والحسابات خلافا للطريقه التي تستخدم نظام المقاومة Resistance، حيث في الطريقة الأولى تكون فولتية الخط بمثابة الموجة الحاملة Carrier wave للإشارة . وكما ذكرنا فان هذه الطريقه سهلة في التنفيذ حيث ان مجموعة سعات السماعات أو قدراتها بالواط تمثل قدرة مضخم الصوت نفسه ، ويجب أن يكون مجموع قدرة السماعات المربوطة على مضخم الصوت لاتزيدعن 80 % من قدرة مضخم الصوت المصمم لها .

يكون تثبيت السماعات في الأبنية بصورة عامة على الجدران و خاصة في القاعات ذات السقوف العالية، وقد تثبت السماعات بالسقوف وخاصة في الممرات وفي السقوف الثانوية للحصول على توزيع جيد للصوت، ويجب أن يكون توزيع السماعات من حيث المسافة بين سماعة واخرى بطريقة بحيث تغطي المساحة المراد إيصال النداءات اليها ، ومن خلال النشرات التجارية (الكتلوكات) الخاصة بالسماعات والمزودة من الشركات المصنعة يمكن معرفة المساحة التي تغطيها كل سماعة حسب نوعيتها ، وتستخدم في تسليك السماعات بصورة عامة اسلاك ذات حجم يتراوح بين 0.8mm إلى 1.5mm ، ويفضل ان يكون التسليك داخل أنابيب معدنية مغلونة أوإستخدام كيبلات مسلحة ، كذلك يراعى ابتعادها عن كيبلات الضغط العالي مثلمامعمول به لكيبلات الهاتف والسيطرة .وفي الابنية الكبيرة والتي تحتوي على عدة طوابق أو قواطع فانه يمكن تقسيم البث الى عدة مناطق Zones وذلك باستخدام أزرار الإختيار Switch selectors حيث بواسطتها يمكن البث لمنطقة معينه دون غيرها .

على أية حال وبصورة مختصرة ، تتالف منظومة الأذاعة في البناية من الأجهزة والمعدات الآتية :

1.مضخمات صوتية بقدرة مناسبة (400 واط تقريبا) يكون توزيعها حسب الطوابق وطبيعة البناية.

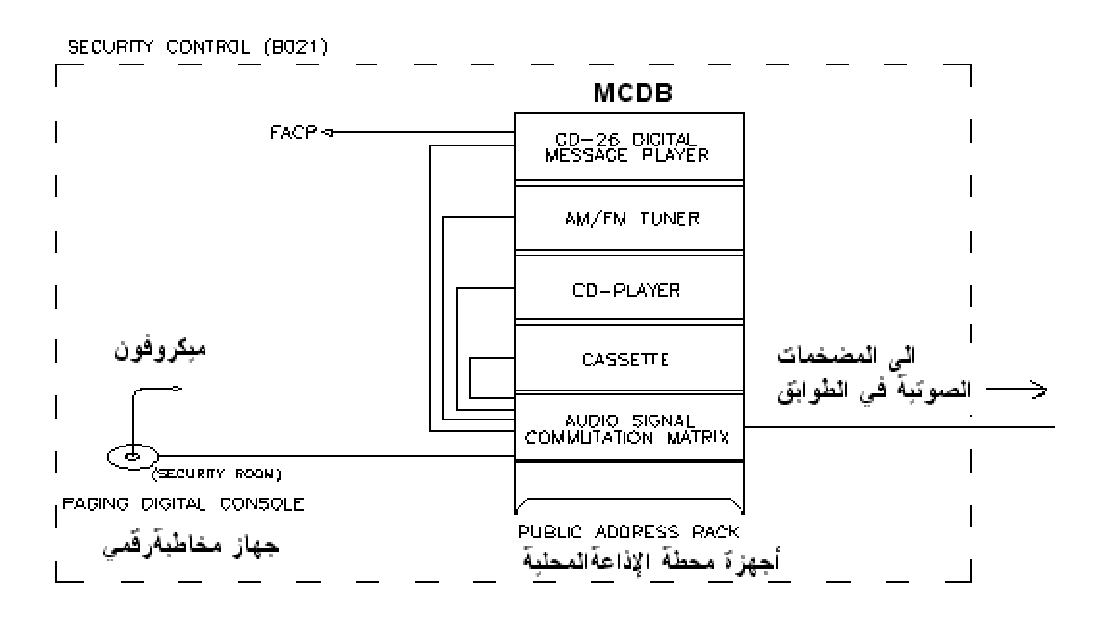
2.جهاز تسجيل (مسجل) كاسيت + جهاز CD Player + جهاز راديو AM/FM .

3. مايكروفون سلكي .
4. لوحة مركزية MCDB تضم الأجهزة أعلاه أو ما تسمى Public Address Rack .
5. لوحات مخارج فرعية Distribution Junction Outlets (DJO) .
6. سماعات ذات قدرة لا تقل عن 2 واط .
7. كيبلات مدرعة Shielded cables نوع STP لربط السماعات بلوحات المخارج الفرعية ولوحة التوزيع الرئيسية .

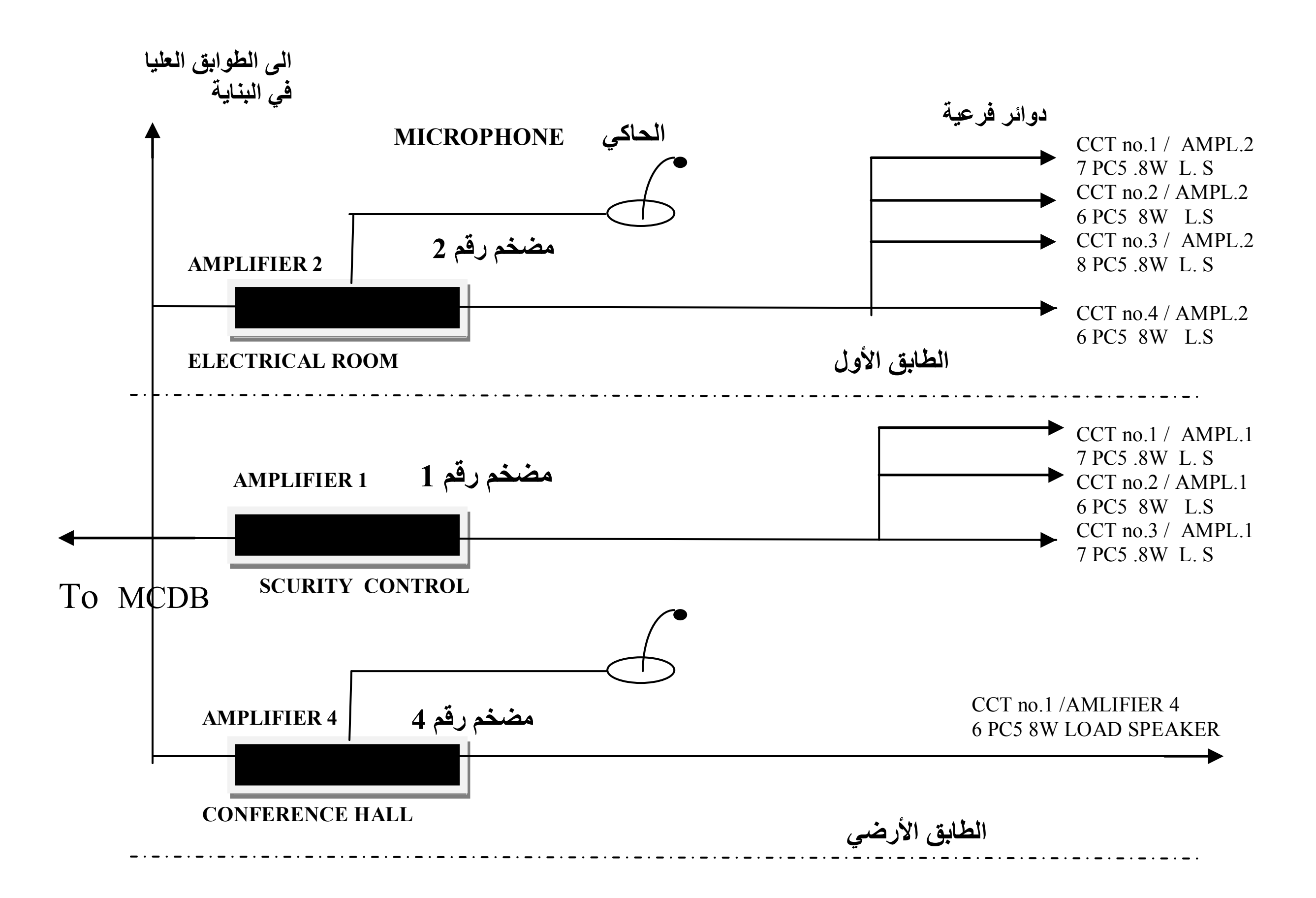
توضع الأجهزة الرئيسية للإذاعة الداخلية عادة في غرفة السيطرة للمنظومة الأمنية كما موضحة في الشكل (12-16) بحيث يسهل السيطرة عليها وتشغيلها من قبل أشخاص أمن البناية نفسها . وقد يستعمل مضخم واحد في حالة كون البناية صغيرة أو عدة مضخمات توزع في الطوابق إذا كانت البناية كبيرة .

ويوزع على كل مضخم دارات متعددة لتغذية السماعات المنتشرة في الطوابق عن طريق لوحات مخارج فرعية خاصة ، أنظر الشكل (12- 17) . أما أسلاك التوصيل لكل سماعة فتكون زوجاً من النحاس المقصدر المبروم المعزول بمادة البولي أثلين والمدرع بالألمنيوم الخفيف ويكون السلك عيار 18AWG بالنظام الأمريكي أو 1 ملمتر ومواصفاته باللغة الإنجليزية هي .

1pair 18AWG (1mm) ,twisted pair,copper wire, polyethylen insulated with aluminuim foil .



الشكل (12-16) أجهزة الإذاعة داخل غرفة السيطرة المركزية .



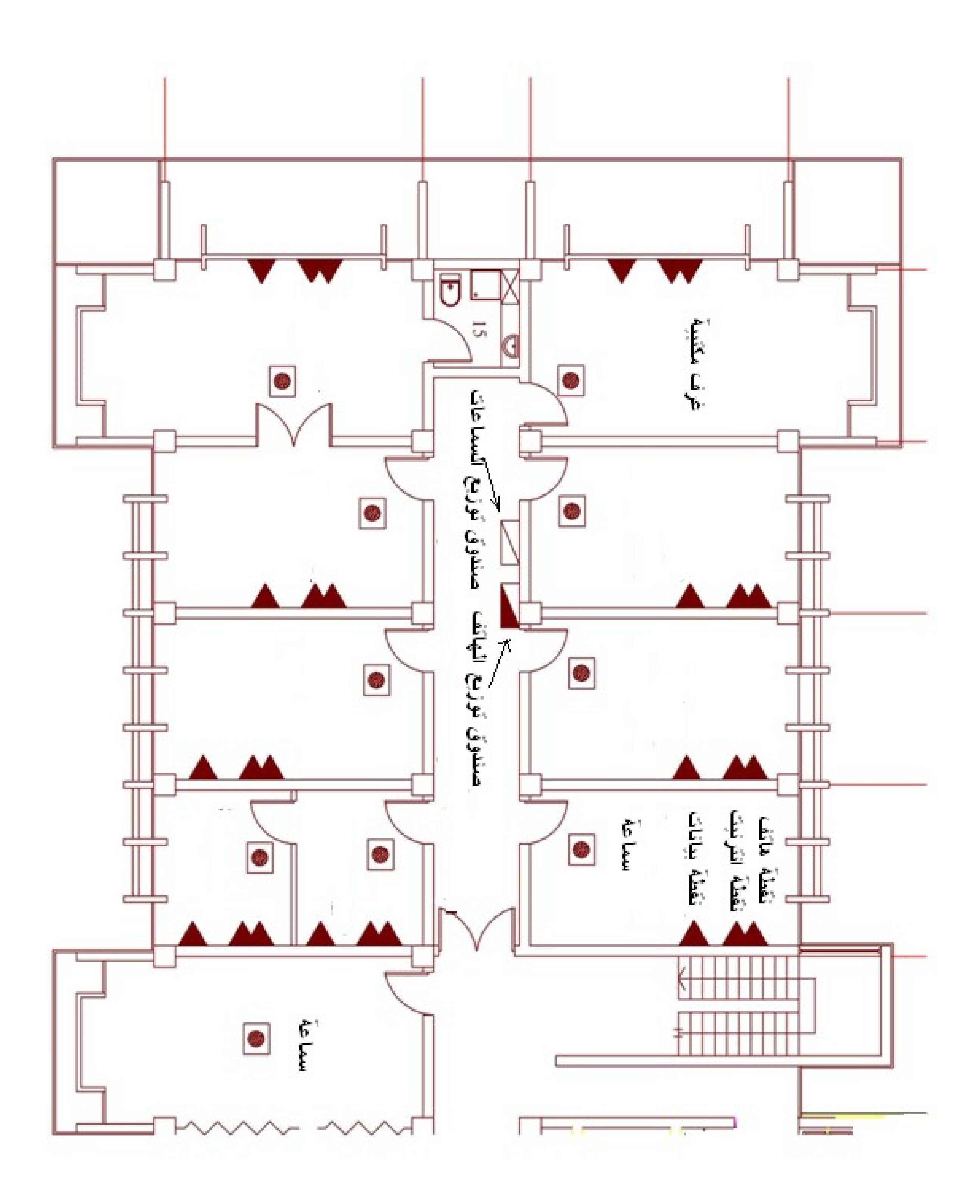
الشكل (12-17) توزيع المضخمات الصوتية في الطوابق واتصالها بالسماعات والحاكيات (الميكروفون).

كما يبين الشكل (12-18) توزيع السماعات ونقاط التلفون ونقاط الإنترنيت في جزء من طابق في البناية ذاتها وقد رسمت على اللوحة نفسها.

7-12 منظومة الساعات المركزية

تحتوي كثيرمن الأبنية الحديثة على منظومة مركزية للساعات وخاصة في أبنية المستشفيات والدوائر الحكومية والشركات الكبيرة والمصانع لغرض ضبط الوقت والتعرف عليه من قبل المسؤلين والعاملين، وتتألف هذه المنظومة البسيطة من الأجهزة والمعدات الآتية:

1- وحدة التحكم المركزية Main Control Unit (MCU) : توضع هذه الوحدة عادة في غرفة السيطرة مع أجهزة المراقبة الأمنية والإذاعة، وتقوم بتحويل الفولتية المتناوبة من 230 فولت الى 24 فولت أو 12 فولت بتردد 50 هيرتز حسب نوع الساعات المستخدمة ومواصفاتها . وتخرج من وحدة



الشكل (12-18) توزيع السماعات ونقاط الهاتف ونقاط الإنترنيت في جزء من طابق في البناية.

التحكم هذه عدة دارات Loops حسب سعة الوحدة (من 8-10 دارات أو حسب الطلب وعدد الساعات المطلوبة في البناية) . وترتبط مابين 8-12 ساعة على كل دارة ويكون ربط الساعات على التوازي حيث أن الساعات هذه تعمل على فولتية 24 فولت أو 12 فولت بتردد 50 هيرتز .

2- الساعات : تكون على أشكال وأحجام مختلفة يتم اختيارها من أدلة الشركات الصانعة وفي العموم تكون الساعات المستخدمة في الأبنية على ثلاثة أنواع رئيسة وكالآتي :

- ساعة كهربائية عادية بوجه واحد (القطر حسب الإختيار) تعمل بالتيار المتناوب بثلاثة أسلاك بفولتية 24 فولت ، 20 ملي أمبير ، وبتردد 50 هرتز من النوع الذي يثبت على الجدار .

Single face slave clock 24V AC ,20 mA 3 conductors , 50 Hz , Wall mounted type .

- ساعة كهربائية عادية بوجهين (القطر حسب الإختيار) تعمل بالتيار المتناوب بثلاثة أسلاك بفولتية 24 فولت ،20 ملي أمبير، وبتردد 50 هرتز من النوع الذي يثبت على الجدار .

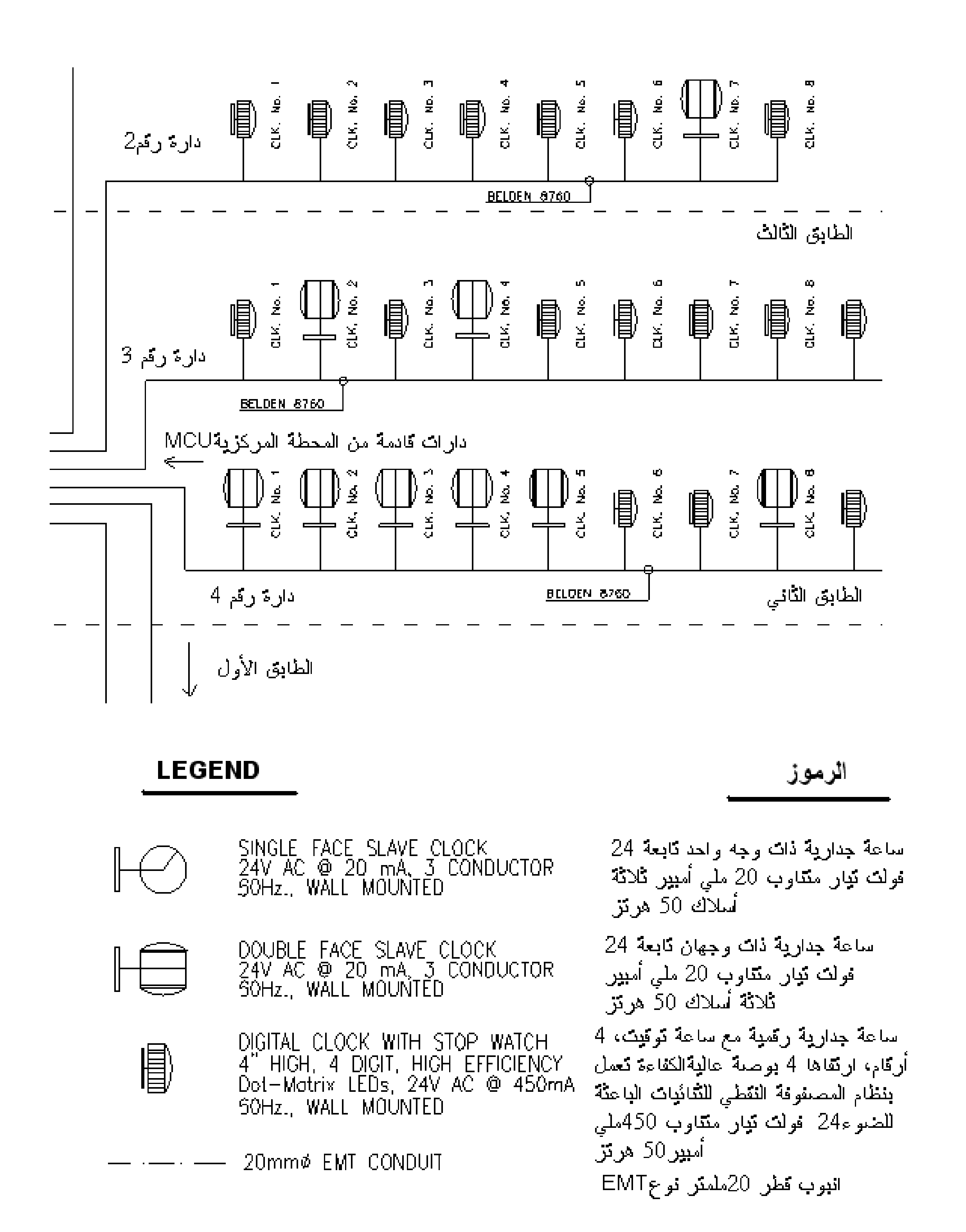
Double face slave clock 24V AC ,20 mA 3 conductors , 50 Hz , Wall mounted type.

- ساعة رقمية ذات أربعة أرقام 24 فولت ، 450 ملي أمبير 50 هيرتز من النوع الذي يثبت على الجدار .

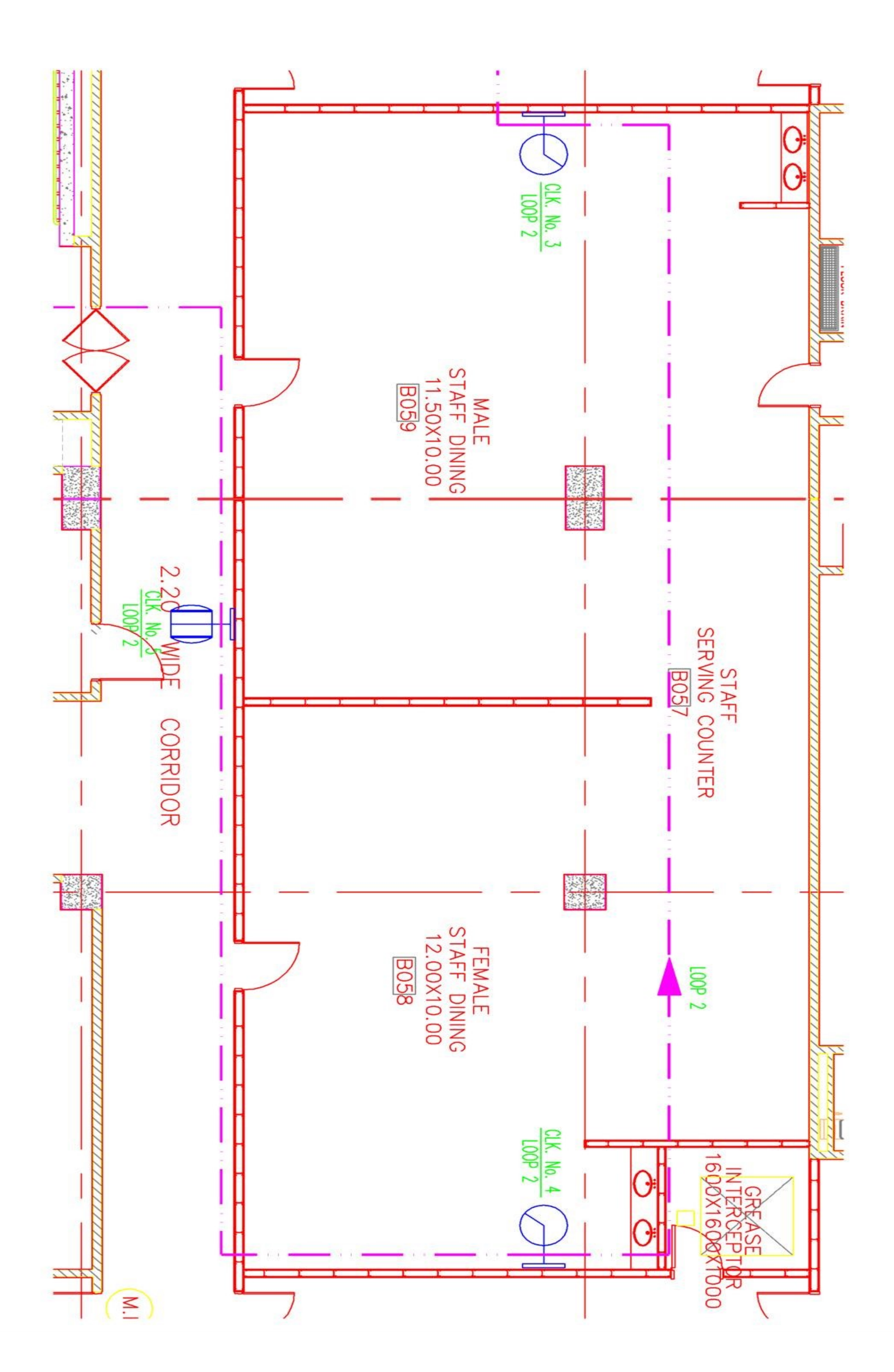
Digital clock ,4 digit ,Dot –matrix LEDs ,24 V AC ,450 mA ,50 Hz,Wall mounted type.

3- أ سلاك التمديد والربط : تربط الساعات على التوازي بأسلاك نحاسية مقصدرة ثلاثية معزولة بمادة البولي اثلين عيار 18AWG (1mm) ومدرعة بالألمنيوم كتلك التي تستخدم لتمديدات منظومة الإذاعة التي وردت في الفقرة السابقة . وتمد هذه الأسلاك عادة بأنابيب (مواسير) معدنية نوع EMT قطر 20ملمتر، وهي أنابيب معدنية خاصة تكون نحيفة وخفيفة الوزن ويمكن ثنيها وحنيها بسهولة ويبين الشكل (12-19) مخططا لتوزيع الساعات على الدارات الخارجة من وحدة التحكم المركزية .

كذلك يوضح الشكل (12-20) اسلوب توزيع الساعات الكهربائية في جزء من بناية مستشفى عام.



الشكل (12-19) مخططا لتوزيع الساعات على الدارات الخارجة من وحدة التحكم المركزية MCU للطابقين الثاني والثالث لبناية متعددة الطوابق مع الرموز المستعملة .



الشكل (12-20) اسلوب توزيع الساعات الكهربائية في جزء من بناية مستشفى عام .

الملاحق والمراجع
الأجنبية والعربية

الملحق1

قائمة الفحوصات الكهربائية للأبنية والمنشآت

أولا – الإنارة (الإعتيادية والإضطرارية)

- الإنارة الداخلية

1- شدة الإنارة (لوكس) : حسابها وفقا للعدد الموجود من تراكيب الانارة .
2- تراكيب الإنارة : طريقة توزيعها ومواصفاتها , مواقعها في الحيز ومسار أنابيب التمديدات لها وطرق تثبيتها .
3- نوع وحجم ولون الأسلاك أو الكيبلات المستخدمة في الإنارة وطرق مدها .
4- طريقة توزيع نقاط الإنارة على قواطع الدائرة الفرعية وعدد تراكيب الإنارة لكل قاطع دورة وسعته
5- ازرار (مفاتيح) الإنارة :أ نواعها وسعاتها ومواقعها وأبعادها عن زوايا الجدران والأبواب وعن مستوى الأرض .

- الانارة الخارجية (إنارة المماشي الخارجية + إنارة الشوارع والساحات)

1- طريقة توزيع الإنارة الخارجية .
2- ارتفاع الأعمدة أو تراكيب الأنارة.
3- شدة الإنارة الخارجية ونوع المصباح .
4- أماكن وضع ازارالتشغيل او الخلايا الضوئية واساليب التحكم والسيطرة عليها .
5- ربطها بمنظومة الأرضي .
6- سهولة الوصول اليها لغرض الصيانة .
7- ملاءمتها من الناحية المعمارية للبناية .
8- حجوم الكيبلات المستخدمة.
9- طريقة مد الكيبلات.

ثانيا : مآخذ القدرة الكهربائية

1- نوع وسعة مآخذ القدرة فيما إذا كانت ذات طور واحد أو ثلاثة أطوار , اعتيادية أو صناعية
2- ربطها بمنظومة الأرضي .
3- نوع وحجم ولون الأسلاك المستخدمة في التمديدات الخاصة بها .
4- طريقة توزيعها وربطها على قواطع الدائرة وعدد المآخذ لكل قاطع وسعته
5- مواقعها وملائمتها من ناحية الاستخدام وأبعادها عن مستوى أرض الغرفة
6- مسار أنابيب التمديدات أو مماشي الكيبلات المؤدية للمآخذ .

ثالثا : الكيبلات (القابلوات)

1- نوعية الموصل (نحاس أو المنيوم)
2- الفولتيه المصممة لها
3- نوعية العازل
4- مسلحة أو غير مسلحة (حسب الحاجة)
5- طريقة مدها (الحاملات , المماشي , داخل انابيب ....الخ)
6- نوعية الكيبلات من حيث تحملها للحرارة أوبعض الإستخدامات الخاصة
7- نوع ومواصفات الخنادق التي تمد بها الكيبلات
8- عدد الأسلاك المستخدمة
9- حجمها بالنسبة لتحملها للتيار المار بها.
10- أطوالها ونسبة هبوط الفولتية المسموح بها
11- طريقة الربط في النهايات
12- الألوان المستخدمة
13- ترقيم نهايات الكيبلات (القابلوات)
14- انحناءات الكيبلات ووجود الحيز الكافي لذلك

15- مسافات الفصل بين كيبلات القدرة والسيطرة
16- حسابات تحمل الكيبلات لتيار الدارة القصيرة.

رابعا : لوحات الفولتية المنخفضة

1- مطابقة اللوحة للمواصفات والمخططات
2- نوعية اللوحة من حيث مادة صنعها ومتانتها وحماية الأشخاص المتعاملين معها .
3- درجة الحماية للوحة (IP) ومواصفاتها
4- طريقة تثبيت اللوحة (على جدار أو على الأرض)
5- لون اللوحة
6- طريقة دخول وخروج الكيبلات اليها وكيفية ربطها باللوحة
7- حاجة اللوحة للاشارات الضوئية وأجهزة القياس
8- سعات قواطع الدئرةالمستخدمة فيها
9- نوعية قواطع الدائرة وهل هي ثابتة أم متحركة
10- طريقة تثبيت قواطع الدائرة والأجزاء الأخرى وسهولة صيانتها
11- أجهزة الحماية المستخدمة بها وأنواعها
12- احتوائها على منظومة التيار المستمر dc
13- وجود احتياط للتوسعات المستقبلية
14- ترقيم وتعليم اللوحات وأجزائها
15- موقع اللوحة وملائمتها مع الغرفة وبقية الأجهزة
16- ربطها بمنظومة الأرضي
17- تدقيق حسابات تيارقصر الدارة بالإضافة إلى الحمل الزائد (Overload)

خامسا: لوحات الفولتية العالية

1- نوعية اللوحة من حيث مادة صنعها ومتانتها
2- درجة الحماية للوحة (IP) ومواصفاتها
3- لون اللوحة
4- نوع العوازل المستخدمة في قواطع الدائرة
5- نوع العوازل المستخدمة في الفواصل الكهربائية
6- أعداد قواطع الدائرة الإحتياط وحاجة اللوحة لها
7- سعة صندوق الربط وطريقة ربط الكيبلات به
8- طريقة العزل بين اجزاء اللوحة (صندوق الربط ,قواطع الدائرة، الفواصل الكهربائية)
9- نوعية وسعة الفواصل المستخدمة (قواطع دائرة ، مصاهر،عوازل)
10- أنواع اجهزة الحماية المستخدمة
11- الإشارات الضوئية وأجهزة القياس
12- حاجة اللوحة الى أجهزة تعديل عامل القدرة (P.f correction)
13- حسابات تيارات الدارة القصيرة مع الحمل الزائد (Overload)
14- الطريقة المستعملة لتشغيل قواطع الدائرة (Manuel, Electric motor)
15- الفولتية المستخدمة في اجهزة الحماية
16- نسبة التحويل لمحولات التيار ومحولات الفولتية وأصنافها
17- نوعية ومواصفات مقومات التيار المستعملة (Rectifier) ونوعية البطاريات المستخدمة.

سادسا: منظومة الإنذار المبكر للحريق

1- نوعية الكواشف المستعملة بالنسبة إلى طبيعة استخدام البناية
2- طريقة توزيع الكواشف ومدى تغطيتها للمساحات المشمولة بالحماية
3- طريقة تقسيم الكواشف إلى مناطق (Zones)
4- عدد الكواشف لكل منطقة
5- الإشارات الضوئية على الأبواب ومدى الحاجة لها
6- الكواشف اليدوية من نوع ازرار الكبس (Push buttons) وأعدادها ومواقعها
7- المنبهات الصوتية ,عددها ومواقعها
8- طريقة تثبيت كواشف الحريق

9- نوع الأسلاك المستخدمة (أحجامها وألوانها) .
10- موقع اللوحة الرئيسية .
11- عدد مناطق الكشف (zones) للوحة الرئيسية مع ضمان وجود احتياط
12- احتواء اللوحة على بطاريات وشاحنة كذلك الإشارات الضوئية والصوتية
13- علاقة المنظومة بالمنظومات الأخرى مثل منظومة التكييف والابواب ....الخ)
14- إمكانية نقل الإشارات من اللوحة إلى السيطرة المركزية (في بناية الاطفاء مثلا)
15- وضع المقاومة (End resistance) في نهاية كل منطقة (Zone) وتعليم الكاشف الأخير
16- الشركة المصنعة للوحة والمواصفات
17- حاجة البناية لإضافة الإطفاء التلقائي للمنظومة
18- الوقت المستغرق لكشف الحريق
19- إمكانية تغير حساسية الكواشف
20- استخدام الربط من نوع (Cross zoning) في منظومة الإطفاء التلقائي .

سابعا : منظومة الهاتف (التلفون) والإنتركم

1- أماكن الإحتياج لنقاط الهاتف والإنتركم
2- نوعية وطريقة تثبيت مأخذ الهاتف والإنتركم
3- ارتفاع المآخذ عن مستوى الأرضية ومواقعها المناسبة
4- نوعية جهاز الهاتف المستخدم
5- نوعية الإنتركم المطلوب (إنتركم إدارة أو سكرتارية أو داحلي)
6- نوعية الأسلاك المستخدمة ، حجمها ولونها وطريقة التسليك
7- أحجام ومواصفات ومواقع صناديق الربط مع التاكد من وجود إحتياط من الخطوط المخصصة لها
8- ترقيم الأسلاك داخل صناديق الربط.

ثامنا : منظومة الإذاعة الداخلية

1- طريقة توزيع السماعات في البناية
2- قدرة السماعات المستخدمة وملاءمتها مع سعة المضخم
3- نوعية مضخم الصوت وقدرته وأجهزة الحماية المتوفرة فيه
4- نوعية السماعات المستخدمة وملاءمتها مع مواقعها
5- نوعية الأسلاك المستخدمة ,أحجامها,طريقة تسليكها
6- حاجة السماعات إلى منظم الصوت
7- المساحة التي تغطيها السماعات
8- طريقة تقسيم الخطوط في المضخم الرئيسي إلى مناطق
9- موقع المحطة الرئيسية ولوحة السيطرة ومواصفاتها
10- أماكن صناديق الربط الفرعية
11- حاجة المنظومة إلى إتصال لاسلكي
12- نوعية جهاز اللاسكي المستخدم للاستلام والبث
13- التردد الذي تعمل عليه أجهزة اللاسكي
14- الأسبقية في تشغيل لوحات السيطرة
15- أنواع الهوائيات المستخدمة (لأجهزة اللاسلكي والراديوات)
16- أجهزة التسجيل المستخدمة .

تاسعا : منظومة جرس الإستدعاء

1- نوعية المنظومة المستخدمة
2- عدد الخطوط اللازمة للبناية وترقيمها
3- نوع ازرار الضغط (Push bottons) المستخدمة
4- طريقة توزيع أزرار الضغط ومواقعها وارتفاعها عن مستوى سطح الارضية)
5- نوع اللوحة المستخدمة (عدد مصابيح الإشارة وأزرار إزالة الإشارة)
6- نوع الفولتية المستخدمة بالمنظومة (230V,48V,24V)
7- موقع اللوحة الرئيسية للاشارة بالبناية
8- طريقة التسليك وأنواع الأسلاك المستخدمة .

عاشرا : منظومة مانعة الصواعق

1- مقدار المقاومة القصوى المسموحة
2- نوع وحجم السلك أو الموصل المستخدم في الشبكة وطريقة مده وتثبيته
3- نوع المنظومة المستخدمة (فرانكلين، شبكة فرادي ، أو إنبعاث مبكر)
4- المساحة التي تغطيها المنظومة
5- إرتفاع سارية مانعة الصواعق على البناية وأعدادها
6- طريقة توصيلها بالموصلات بنقاط الأرضي
7- عدد وأطوال وأنواع القضبان الأرضية (المكاهر)
8- وجود نقاط فحص وعددها وارتفاعها عن مستوى سطح الأرض .

احد عشر: منظومة التأريض(الأرضي)

1- مقدار المقاومة القصوى المسموح بها
2- نوع وحجم السلك المستخدم لشبكة الأرضي وطريقة تثبيته
3- ربط المنظومة بجميع اللوحات الكهربائية والمكائن والأجزاء المعدنية الأخرى في البناية
4- وجود نقاط التفتيش (مانهولات) ونقاط الفحص الخاصة بالمنظومة
5- طريقة تثبيت وغمر القضبان الأرضية (المكاهر) في الأرض : توزيعها ،عمقها ، اعدادها
6- حاجة البناية إلى منظومة تأريض مستقلة للأجهزة الأليكترونية (معزولة عن منظومة التأريض العامة)
7- ملاحظة فصل منظومة التأريض عن الخط المحايد (الحيادي Neutral line) للمحطة الكهربائية عند استخدام نظام التأريض من نوع TT .

ثاني عشر : المحولات الكهربائية

1- سعة المحول
2- مواصفات المحول
3- أجهزة الحماية المستخدمة
4- نوعية العازل المستخدم في ملفاته
5- نوعية التهوية المستخدمة للمحول
6- نوع الزيوت المستخدمة للتبريد
7- حاجة المحول لصندوق الربط للفولتية العالية والمنخفضة
8- نوعه من حيث كونه داخلي Indoor او خارجي Outdoor
9- طريقة ربط ملفات المحول (Y/Y) (Δ/Y)
10- نسبة تحويل الفولتية
11- موقعه في البناية او المحطة
12- حجم حفرة الزيت اللازمة له

الملحق 2 : مسائل منوعة
Miscellaneous Problems

1- الجزء من المصهر المصمم للذوبان عند اشتغال المصهر يعرف بـ :

(أ) السلك (ب) عنصر المصهر (ج) الوصيل (د) الحامل

2- درجة حرارة الهواء او أي وسط آخر لجهاز أو معدة تستخدم فيه تسمى:

(أ) الحرارة المحيطة (ب) الحرارة العاملة (ج) الحرارة الطبيعية (د) الحرارة الكامنة

3- ترتب التمديدات من أجل تفادي الخطر في حالة وقوع عطل ولأجل ضمان عدم إنقطاع التيار الكهربائي عنها خلال عمليات الفحص أو الصيانة بحيث تتضمن إحدى الطرق الآتية:

(ا) ربط الدوائر بالإسلوب الشعاعي Radial.

(ب) ربط الدوائر بالإسلوب الحلقي Ring.

(ج) تقسيم التمديدات إلى دوائر منفصلة.

(د) تقسيم التمديدات إلى حزمة من الدوائر المنفصلة.

4- لوحة توزيع صناعية تجهز ما يأتي :

- أربعة محركات ثلاثية الطور ثلاثية السلك.
- مدفأتين ثلاثية الطور رباعية السلك.
- دائرتين للانارة احادية الطور.

فيما عدا الكيبل المغذي تكون عدد الأسلاك الحية Live conductors المحتواة ضمن اللوحة :

(أ) 21 (ب)24 (ج) 32 (د) 40

5- جميع وسائل الحماية ضد زيادة التيارOvercurrent بدون حماية ساندة موضوعة من جهة المصدر يجب ان تتحمل:

(أ) اشتغالها ضمن قيمة التيارالمقرر(المقنن).

(ب) اشتغالها بتيار اقل من التيارالمقرر(المقنن).

(ج) تيار عطل قصر الدارة الاقصى.

6- يكون تقنين أو ضبط (معايرة) وسيلة الحماية ضد زيادة التيار Overcurrent بحيث تعمل هذه الوسيلة بتيار أكبر من سعة حمل الكيبل أو السلك بعامل لا يتجاوز :

(أ)0.725 (ب)1.45 (ج) 1.8 (د) 1.9

7- عندما يعطى جهاز حماية ضد زيادة التيارOvercurrent حماية ضد زيادة الحمل Overload فان التيار I_2 يجب ان لا يتجاوز التيار I_Z مضروب في :

(أ) 0.725 (ب) 1.45 (ج) 1.8 (د) 1.9

8- دائرة كهربائية مصممة لتسحب تيار مقداره 45 أمبيراً تغذى بواسطة كيبل سعة حمل التيار له 50 أمبيراً فاذا كان مقدار الهبوط بالفولتية للكيبل هو 8 ملي فولت / متر / أمبير وكان طول الكيبل 10 أمتار فان الهبوط بالفولتية سيكون :

(أ) 2.5 فولت (ب) 3.6 فولت (ج) 4 فولت (د) 6 فولت

9- أي دائرة إنارة تشتمل على مصابيح ذات قاعدة نوع B15 يجب أن تتم حمايتها بواسطة وسيلة حماية ضد تجاوز التيار لا تتعدى:

(أ) 6 أمبير (ب) 10 أمبير (ج) 16 أمبير (د) 20 أمبير

10- عندما تدفن الكيبلات مباشرة في الارض , يجب أن لا يقل عمق الدفن في كل الأحوال عن:

(أ) ليس أقل من 0.75 متر

(ب) ليس أقل من 1.5 متر

(ج) عمق كاف لتلافي التلف

(د) عمق كاف لسهولة الوصول إلى الكيبل

11- جهاز التيار المتبق RCD يستخدم لتأمين الحماية ضد:

(أ) زيادة التيار (ب) عطل قصر الدارة (ج) التيار المقنن (د) عطل التأريض

12- الهبوط بالفولتية للتمديدات يجب أن لا يتجاوز نسبة معينة من الفولتية الاسمية عند مرور التيار الطبيعي فيها. هذا الهبوط بالفولتية يقاس:

(أ) بين المحطة الثانوية ونقطة التجهيز للبناية.

(ب) بين أحد المآخذ ولوحة التوزيع.

(ج) بين عمود التأريض الخاص بالمستهلك وعمود التأريض الرئيسي.

13- تكون اقل مقاومة عزل لدوائر ذات فولتية 400 فولت هي:

(أ) 0.25MΩ (ب) 0.5MΩ (ج) 1MΩ (د) 20MΩ

14- ما هو عامل من اجل المجموعات هو الصحيح لستة كيبلات متعددة النواقل موضوعة على حامل كيبلات مثقب.

(أ) 0.76 (ب) 0.79 (ج) 0.90 (د) 0.85

15- ما هو الشي الذي لا يجب أن يؤخذ بعين الإعتبار عند إيجاد حجم الكيبل (مساحة مقطعه العرضي) في مرحلة التصميم :

(أ) حدود الهبوط بالفولتية.

(ب) الاجهادات الميكانيكية بسبب الأعطال.

(ج) ممانعة العطل.

(د) احتمالات زيادة التيار.

16- الموصل الحمائي Protective conductor الذي يربط الأجزاء الموصلة من المعدات أو الأجهزة الكهربائية إلى طرف التأريض Earth terminal يدعى:

(أ) منظومة التأريض.

(ب) موصل الدائرة الحمائي.

(ج) موصل التأريض الرئيسي.

(د) الموصل الحمائي للجهاز او المعدة.

17- جهاز الحماية المصمم ليتحمل التيار الإسمي أثناء القطع والفصل ويفصل الدائرة تلقائيا اثناء أعطال قصر الدارة يدعى:

(أ) مصهر انبوبي .

(ب) جهاز التيار المتبقي RCD.

(ج) قاطع دائرة.

(د) مفتاح وصيل عادي Link switch.

18- في منظومة تأريض نوع TT يكون أفضل جهاز للحماية ضد عطل الأرض هو:

(أ) جهاز RCD

(ب) قاطع دائرة اعتيادي

(ج) مصهر مؤخر للزمن نوع HRC

(د) مفتاح فصل Disconnector

19 – قد يحصل زيادة حمل Overload على محرك كهربائي نتيجة:

(أ) حمل ميكانيكي مفرط

(ب) إنقطاع السلك المحايد

(ج) شخص كهربائي يقوم بثقب داخل صندوق فيه مجموعة قضبان توزيع حية ويحصل تماس بين أحد القضبان والمثقب .

20- محرك قدرة 20 حصاناً يشتغل بالربط المباشر الى المصدر أريد حمايته بواسطة قاطع دائرة نوع MCCB ،سعة هذا القاطع يجب أن تكون :

(أ) 50 أمبيراً (ب) 100 أمبيراً (ج) 150 أمبيراً (د) 300 أمبيراً

21- محرك قدرة 60 حصان يشتغل بواسطة بادئ حركة نوع نجمي – مثلثي ، أريد حمايته بواسطة مصهر مؤخر للزمن نوع HRC مع حماية حرارية . سعة المصهر يجب أن تكون :

(أ) 10 أمبيراً (ب) 60 أمبيراً (ح) 100 أمبيراً (د) 80 أمبيراً

22- محرك قدرة100 حصانا يشتغل بواسطة بادئ حركة نوع نجمي – مثلثي ، الحماية الحرارية يجب أن يتم تعييرها ضمن المدى :

(أ) 32 – 63 أمبيراً (ب) 50 – 90 أمبيراً (ج) 70 – 115 أمبيراً (د) 90 – 135 أمبيراً

23- محرك قدرة 30 حصاناً يشتغل بواسطة بادئ حركة نوع نجمي – مثلثي، أصغر حجم للكيبل للمحرك من جهة المصدر يجب أن يكون :

(أ) 10 ملم^2 (ب) 25 ملم^2 (ج) 50 ملم^2 (د) 70 ملم^2

24- تكون أقل مقاومة عزل لدوائر ذات فولتية 11000 فولت في المحطات الثانوية للأبنية هي:

(أ) 2MΩ (ب) 10 MΩ (ج) 100 MΩ (د) 250 MΩ

25- عدد الأسلاك المعزولة بمادة PVC ذات مقطع عرضي 4 ملم^2 المسموح بإمرارها في انبوب قطر 20 ملم:

(أ) 4 (ب) 6 (ج) 3 (د) 1

26- تقل مقاومة التأريض عند استخدام ثلاثة قضبان تأريض(مكاهر) مربوطة مع بعض بنسبة :

(أ) ⅓ (ب) ⅔ (ج) ½ (د) ¼

27- تتم تغذية الأجهزة الطبية الألكترونية في غرف العمليات في المستشفيات عن طريق:

(أ) مقومات Rectifiers
(ب) متسعات Capacitors
(ج) محولات عزل Isolating Transformers
(د) الربط المباشر الى المصدر الكهربائي المتوفر.

28- يؤخذ عامل الطلب بالنسبة للشقق والمنازل عند تخمين الحمل :
(أ) 66% (ب) 50% (ج) 85% (د) 90%

29- عندما تكون منظومة التأريض الخاصة بالمستهلك معزولة تماما عن منظومة التأريض للمصدر (محول أو مولد) يكون نظام التأريض من نوع :
(أ) TT (ب) IT (ج) TN-S (د) TN-C

30- في أبنية المستشفيات تستخدم عموما منظومات تأريض من نوع :
(أ) TT (ب) IT (ج) TN-S (د) خليط من TT و IT

31- يكون التمييز الحمائي لقواطع الدائرة ضمن لوحات التوزيع الرئيسية والثانوية على أساس:
(أ) التمييز بواسطة التيار (ب) التمييز بواسطة الزمن (ج) التمييز بواسطة التيار + الزمن

32- موصل تأريض Earting conductor نحاس غير محمي ميكانيكيا وغير محمي ضد الصدأ مطمور في التربة , يجب أن يكون حجمه الأدنى :
(أ) 4 ملم^2 (ب) 16 ملم ^{2} (ج) 25 ملم^2 (د) 50ملم^2

33- في أي من الحالات التالية يمكن استخدام أنبوب الماء المعدني كقضيب تأريض (مكهر):
(أ) إذا كان الانبوب ضمن المنظومة العامة لخدمة المياه.
(ب) لا يمكن استخدامه في أي حال من الأحوال.
(ج) إذا كان انبوب غير معدني.
(د) إذا كان هناك احتمال إزالته في أي وقت .

34- مدفئة كهربائية 230 فولت أحادية الطور تسحب تياراً إسمياً مقداره 25 أمبيراً, طول السلك الحراري المغذي لها 20 متراً والهبوط بالفولتية لهذا السلك 11 ملي فولت/أمبير/متر . في هذه الحالة يكون الهبوط بالفولتية مساويا الى:
(أ) 2.2 فولت (ب) 5.5 فولت (ج) 8.8 فولت (د) 13.75 فولت

35- عند فحص التمديدات الكهربائية ذات 230 فولت, يجب أن تكون قيمة مقاومة العزل بين الاسلاك الحية Live conductors والسلك الحمائي الأرضي PE المربوط إلى منظومة التأريض هي :
(أ) 0.5MΩ (ب) 1 MΩ (ج) 5MΩ (د) 10 MΩ

36- يعرف النظام الدولي IEC الفولتية المتناوبة المنخفضة جدا هي تلك التي لا تتجاوز:
(أ) 50 فولت (ب) 250 فولت (ج) 1000 فولت (د) 1500 فولت

37- أي نوع من التمديدات الكهربائية يجب أن يقسم إلى دوائر كهربائية منفصلة لأجل تفادي:
(أ) مشاكل التمييز الحمائي للقواطع.
(ب) المخاطر الناتجة عن أعطال التأريض وتقليل الازعاجات الناتجة عنها.
(ج) التداخل غير المبرر مع أمنية التجهيز للمصدر.
(د) التسليك غير العملي للدوائر.

38- تنسيق تقنين المصهر في منظومة كهربائية يكون بدلالة:

(أ) التمييز الحمائي (ب) العزل (ج) التباين (د) زيادة الحمل.

39- أي من الآتي يستخدم لإيجاد حجم جهاز الحماية ضد التيار المفرط Overcurrent:

(أ) حجم الكيبل. (ب)عامل المجموعات (ج) التيار التصميمي (د) تيار الحمل الزائد

40- أي نوع من الأجهزة الحمائية التالية يعطي حماية ضد التيار المفرط Overcurrent :

(أ) مفتاح وصيل Linked switch

(ب) جهاز التيار المتبقي RCD

(ج) مفتاح عزل Disconnector

(د) قاطع الدائرة Circuit Breaker

41- قد يستخدم الانبوب المعدني كقضيب (مكهر) تأريض مع بعض الاحتياطات Precaution اللازمة إذا كان:

(أ) يحمل غازات قابلة للاشتعال.

(ب) مملوك لسلطة(شركة) خدمات إسالة الماء.

(ج) انبوب تجهيز مياه خاص.

(د) معزولا.

42-لاجل منع حدوث التيارات الدوامية Eddy currents في انبوب تمديدات معدني أو مسارب تأطير أوحديد تسليح الكيبل يتطلب الأمر :

(أ) استخدام تيار مستمر DC فقط.

(ب) عزل الأسلاك الحية عن السلك المحايد.

(ج) تأريض الأنبوب المعدني بصورة جيدة.

(د) جميع الأسلاك الحية والسلك المحايد يجب أن تكون محتواة داخل الانبوب .

43- الكيبلات غير المسلحة المستخدمة في التمديدات الثابتة يجب أن تكون:

(أ) موضوعة ومحمية بشكل لا يمكن ان يصلها الأشخاص أو المعدات المتحركة .

(ب) موضوعة داخل أنابيب معدنية أو أطر أو مسارب خاصة.

(ج) تستخدم في الفولتيات المنخفضة جدا فقط .

(د) تستخدم للدوائر أحادية الطور فقط .

44- تستخدم لوحة التحذير المكتوب عليها : إتصال كهربائي أمين-لا تحاول فصله -Safety electrical connection Do not remove للدلالة على:

(أ) نقطة إتصال بين موصل التأريض الرئيسي وقضيب التأريض.

(ب) طرف التأريض الرئيسي للمستهلك.

(ج) وصيل فحص مؤسس في موصل التأريض لمنظومة تأريض نوع TT.

(د) نقطة اتصال بين منظومة التأريض والسلك الحمائي الارضي PEN في منظومة تأريض نوع TN-C

45- مأخذ كهربائي Socket-outlet تقنينه لا يزيد عن 20 أمبيراً للاستخدامات العامة بواسطة الاشخاص الإعتياديين يجب أن:

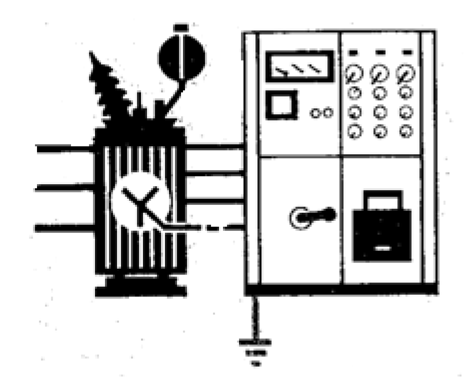
(أ) يؤسس ضمن منظومة حلقية.

(ب) يؤسس ضمن منظومة شعاعية.

(ج) تتم حمايته بواسطة جهاز تيار متبقي RCD عيار 30 ملي امبيراً.

(د) تتم حمايته بواسطة قاطع دائرة عيار 20 امبيراً.

46- نظام التأريض في الشكل المبين في أدناه هي من نوع :



(أ) TT

(ب) IT

(ج) TN-C

(د) TN-S

47- المولد الإحتياطي لحالات الطواريء يجب أن لا يربط على التوازي مع المنظومة الرئيسية المجهزة للبناية إلا عن طريق:

(أ) مفتاح تحويل تلقائي ATS مع وسيلة حماية Interlock.

(ب) مفتاح تحويل يدوي عادي.

(ج) مفتاح تحويل تلقائي بدون وسيلة حماية Interlock.

(د) منظومة أقفال ملائمة مع مفاتيح تحويل متعددة.

48- توقع شهادة جودة التمديدات الكهربائية عادة من قبل:

(أ) الشخص الذي يطلب الفحص.

(ب) مصمم التمديدات الكهربائية نفسه.

(ج) شخص ثالث معول عليه.

(د) المهندس الكهربائي أو كهربائي فني.

49- مصهر أنبوبي مؤخر للزمن نوع gG سعة 50 أمبيراً يحمل تيار عطل مقداره 300 امبيراً ,زمن إزالة العطل يكون:

(أ) 0.025 ثانية (ب) 0.25 ثانية (ج) 2 ثانية (د) 2000 ثانية

50- التيار I_n يشير إلى :

(أ) التيار المقنن لجهاز الحماية.

(ب) سعة حمل التيار للكيبل.

(ج) التيار التصميمي.

(د) تيار قصر الدارة.

51- المعلومات الأساسية المطلوبة في مرحلة التصميم للتمديدات الكهربائية هي:

(ا) الغرض من استخدام التمديدات الكهربائية.

(ب) الإحالة لمقاول رئيسي معين.

(ج) الإحالة لمقاول كهربائي ثانوي معين.

(د) معلومات عن منظومات الإتصالات المتوفرة.

52- لغرض الحماية ضد عطل الأرض يكون الجهاز المفضل للاستخدام ضمن منظومة كهربائية تستخدم لنظام تأريض نوع TT هو:

(أ) جهاز التيار المتبقي RCD (ب) قاطع دائرة اعتيادي (ج) مصهر أنبوبي (د) مفتاح عزل

53- عامل التباين هو تعبير يشير الى:

(أ)اجهزة مختلفة مربوطة إلى لوحة التوزيع نفسها .

(ب) وجود تقاسم للتيار بين دائرتين.

(ج) عدة أجهزة مربوطة إلى الدائرة نفسها.

(د) سماح يؤخذ بالنظر لعدم تشغيل أجهزة متعددة في الوقت نفسه.

54- جميع الدوائر في الحمامات يجب أن تكون:

(أ) محمية بواسطة جهاز RCD.

(ب) زمن فصل العطل لها ليس أقل من خمس ثواني.

(ج) لها عزل اضافي.

(د) محمية بواسطة قاطع دائرة.

55-لأجل أخذ تيار التوافقيات بعين الإعتبار والذي يكون في كيبل ثلاثي الطور + محايد الذي يغذي أبنية حاوية على معدات ذات أحمال غير خطية أو اجهزة تكنلوجيا المعلومات على المصمم أن يتخذ مايأتي:

(أ) وضع حارفات التموّر Surge Diverters بين كل خط والمحايد.

(ب) وضع مقاومة تفريغ مع كل جهاز أو معدة .

(ج) زيادة المقطع العرضي لموصل المحايد.

(د) حماية الكيبل الرئيسي المغذي للبناية بواسطة جهاز RCD.

56- أي من الأتي يعد احد التقسيمات العامة للتأثيرات الخارجية:

(أ) البناية (ب) الموقع (ج) نظام التسليك (د) الطلب الأقصى

57- عندما يسبب قطع دائرة كهربائية غير متوقع خطراً فهل أن رفع جهاز الحماية ضد زيادة الحمل:

(أ) مسموح به.

(ب) غير مسموح به.

(ج) اجباري.

(د) غير مصرح به اطلاقاً.

58- قاطع دائرة نوع D سعة 50 امبير يحمي دائرة ذات طور واحد 230 فولت يحتاج الى تيار يسبب الأشتعال الفوري لوسيلة الافلات مقداره:

(أ) 5023A (ب) 1000A (ج) 10A (د)1A .

59- عند اختيار حجم كيبل لدائرة معينة ضمن التمديدات الكهربائية فأن عوامل التقنين Rating Factors التي يتوجب استخدامها وتطبيقها لغرض:

(أ) حساب التيار الكلي الذي تسحبه التمديدات الكهربائية.

(ب) حساب سعة حمل التيار للكيبل.

(ج) حساب التيار التصميمي للدائرة.

(د) حساب التيار المقنن لجهاز الحماية.

60- عند إكمال التمديدات الكهربائية يتطلب إجراء الفحوصات التالية عليها:

(1) مقاومة العزل Insulation Resistance.

(2) إستمرارية الموصلات الحمائية Continuity Of Protective Conductors

(3) إستمرارية الدوائر الحلقية النهائية (للمآخذ خاصة).

(4) القطبية Polarity.

أي من الأتي يمثل الترتيب الصحيح لإجراء هذه الفحوصات:

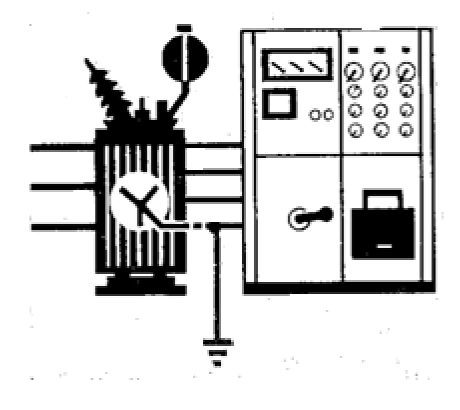
(أ) 3,2,1 ثم 4.

(ب) 1,3,2 ثم 4.

(ج) 4,1,3 ثم 2.

(د) 1,4,2 ثم 3.

61- نظام التأريض في الشكل المبين في أدناه هو من نوع :





(أ) TT

(ب) IT

(ج) TN-C

(د) TN-S

62- أي من الأتي لا يمثل خواص المصدر الكهربائي:

(أ) الفولتية الأسمية Nominal Voltage.

(ب) التردد Frequency.

(ج) الممانعة الخارجية للدائرة الأرضية Ze.

(د) مفتاح الطوارئ Emergency Switch.

63- المصدر المتعارف عليه الذي يستخدم لإعطاء خدمة أمينة هو:

(أ) محول ذاتي خافض. (ب) بطاريات (ج) محول عزل (د) دائرة فولتية منخفظة جداً SELV

64- أي من الأتي يجب استخدامه لغرض إيجاد حجم وسيلة الحماية ضد التيار المفرط Overcurrent :

(أ) حجم الكيبل (ب) عامل لأجل المجموعات (ج) التيار التصميمي (د) التيار المفرط

65- جميع جداول سعات حمل التيار للكيبلات والأسلاك المعطاة في هذا الكتاب محسوبة على أساس درجة حرارة المحيط :

(أ) صفر درجة مئوية (ب) 20 درجة مئوية (ج)30 درجة مئوية (د) 40 درجة مئوية

66- أصغر سعة حمل تيار I_z مطلوبة لسلك يغذي دائرة كهربائية محمية بواسطة مصهر شبه مغلق عيار 20 امبير هي

(أ) 20 أمبيراً (ب) 27,6 أمبيراً (ج) 29,4 أمبيراً (د) 36 أمبيراً

67- قاطع دائرة نوع D يجب أن ينصب لحماية الدوائر المعرضة الى :

(أ) فولتيات مفرطة عابرة.

(ب) عامل قدرة أقل من 0.85 .

(ج) تيار متذبذب.

(د) تيار بدء عالي Heavy Starting Current.

68- محرك طور واحد يسحب تيار مقداره 20 امبير في الحالات الاعتيادية (تيار تصميمي) فأذا كان المحرك يجهز بواسطة كيبل PVC عيار 2.5ملم^2 طوله 10 متر عندئذ يكون هبوط الفولتية الكلي:

(أ) 2.5 فولت (ب) 3.07 فولت (ج) 6 فولت (د) 9.06 فولت

69- التيار التصميمي Design Current يمثل:

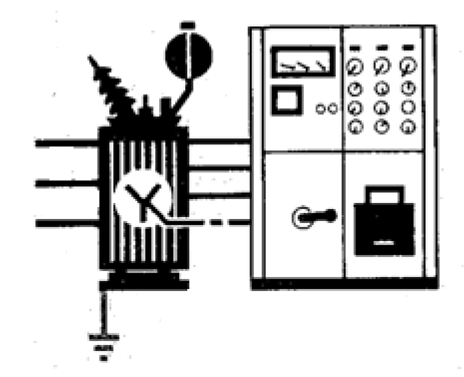
(أ) تيار قصر الدارة المنظور.

(ب) تيار العطل الأرضي.

(ج) التيار الذي يسحبه الحمل في حالة الأشتغال الطبيعي.

(د) التيار المتسبب عن فرط الحمل.

70-- نظام التأريض في الشكل المبين في أدناه هي من نوع :



(أ) TT

(ب) IT

(ج) TN-C

(د) TN-S

71- جهاز تيار متبقي RCD مجهز ليعطي حماية ضد عطل الأرض يجب أن يكون :

(أ) مربوطاً مع كل مأخذ قدرة

(ب) مربوطاً في بداية الدائرة الأصلية

(ج) منظماً لتيار 500 ملي أمبير

(د) مرتباً لكي يفصل موصل الخط Line conductor

72- في نظام تأريض نوع TT يجب أن يفصل جهاز RCD الدائرة في حالة عطل الأرض بزمن قدره:

(أ) 0.1 ثانية (ب) 0.2 ثانية (ج) 0.5 ثانية (د) 5 ثواني

73- قيمة الممانعة الكلية لدارة عطل الأرض تحسب من المعادلة التالية :

(أ) $Z_S = Z_e + (R_1 + R_2)\Omega$

(ب) $Z_S = Z_e - (R_1 + R_2)\Omega$

(ج) $Z_S = Z_e + (R_1 - R_2)\Omega$

(د) $Z_e = Z_S + (R_1 + R_2)\Omega$

74- تم قياس الممانعتين Z_S وZ_e في دائرة شعاعية فوجدتا $0.5\ \Omega$ و $0.3\ \Omega$ على التوالي ،عندئذ يكون مجموع مقاومتي الخط والموصل الحمائي الأرضي ($R_1 + R_2$) هو:

(أ) $0.8\ \Omega$ (ب) $0.4\ \Omega$ (ج) $0.5\ \Omega$ (د) $0.2\ \Omega$

75- إذا كانت الفولتية الإسمية لدائرة هي 230 فولت وكانت الممانعة Z_S =2,3 أوم فإن قيمة تيار العطل I_f سيكون :

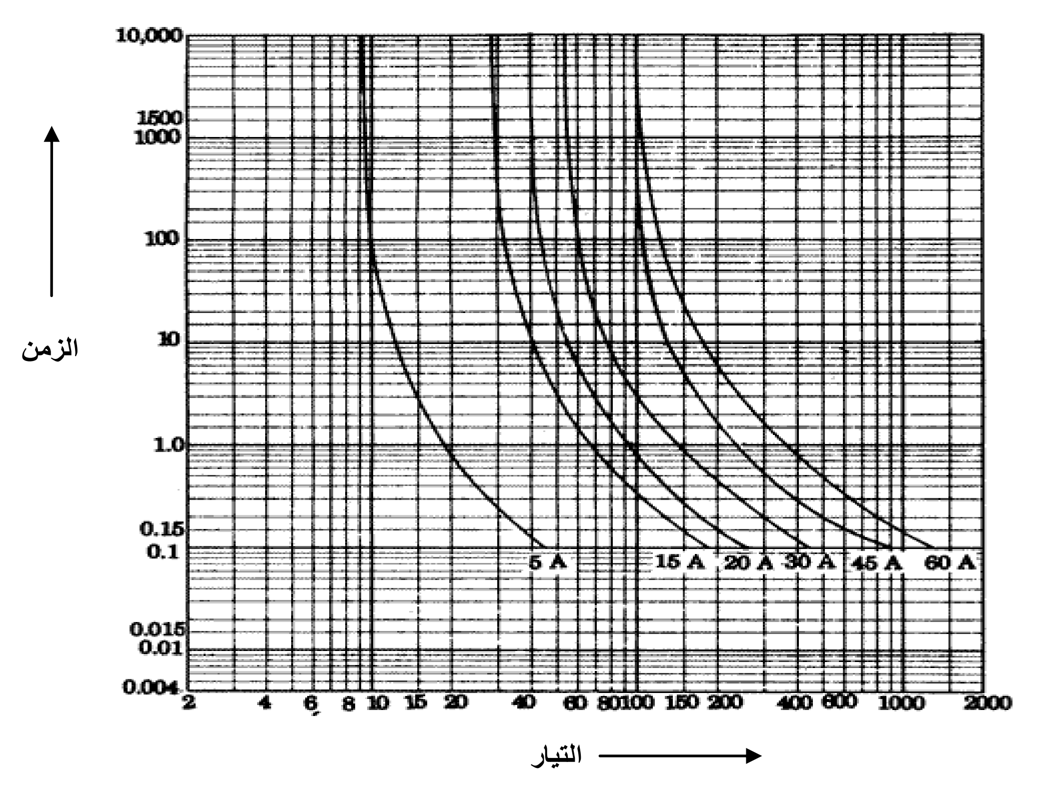
(أ) 0,1 أمبيراً (ب) 100 أمبيراً (ج) 273 أمبيراً (د) 23 كيلوأمبيراً

أجوبة الأسئلة المنوعة

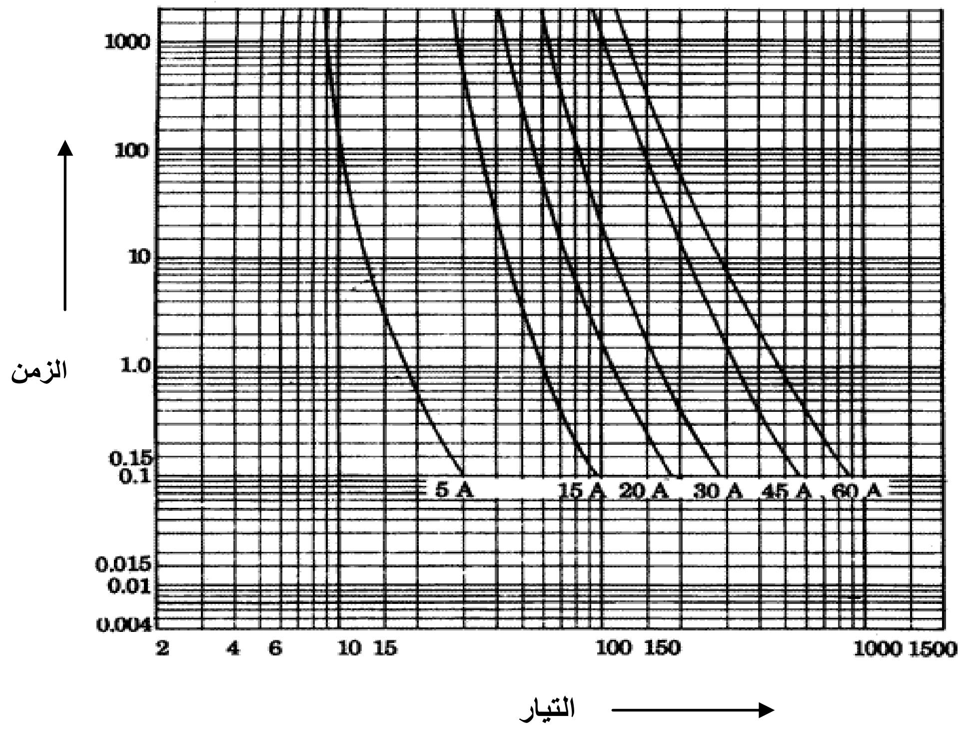
1 : (ب)	2 : (أ)	3 : (ب)	4 : (ب)	5 : (أ)	6 : (ب)	7: (أ)	8 : (ب)
9: (ج)	10: (أ)	11: (د)	12: (ب)	13: (ج)	14: (أ)	15: (د)	16: (د)
17: (ب)	18: (أ)	19: (أ)	20: (أ)	21: (ج)	22: (ب)	23: (ب)	24: (د)
25 : (ج)	26: (أ)	27: (ج)	28: (أ)	29: (أ)	30: (د)	31: (ج)	32: (د)
33: (أ)	34: (ب)	35: (ب)	36: (أ)	37: (ب)	38: (أ)	39: (أ)	40: (د)
41: (ب)	42: (د)	43: (أ)	44: (ج)	45: (د)	46: (أ)	47: (أ)	48: (ج)
49: (ج)	50: (أ)	51: (أ)	52: (أ)	53: (د)	54: (أ)	55: (ج)	56: (ب)
57: (ب)	58: (ب)	59: (ب)	60: (ب)	61: (ج)	62: (د)	63: (د)	64: (د)
65: (ج)	66: (ب)	67: (د)	68: (ب)	69: (ج)	70 : (ب)	71: (ب)	72: (ب)
73: (أ)	74: (د)	75: (ب)					

الملحق -3

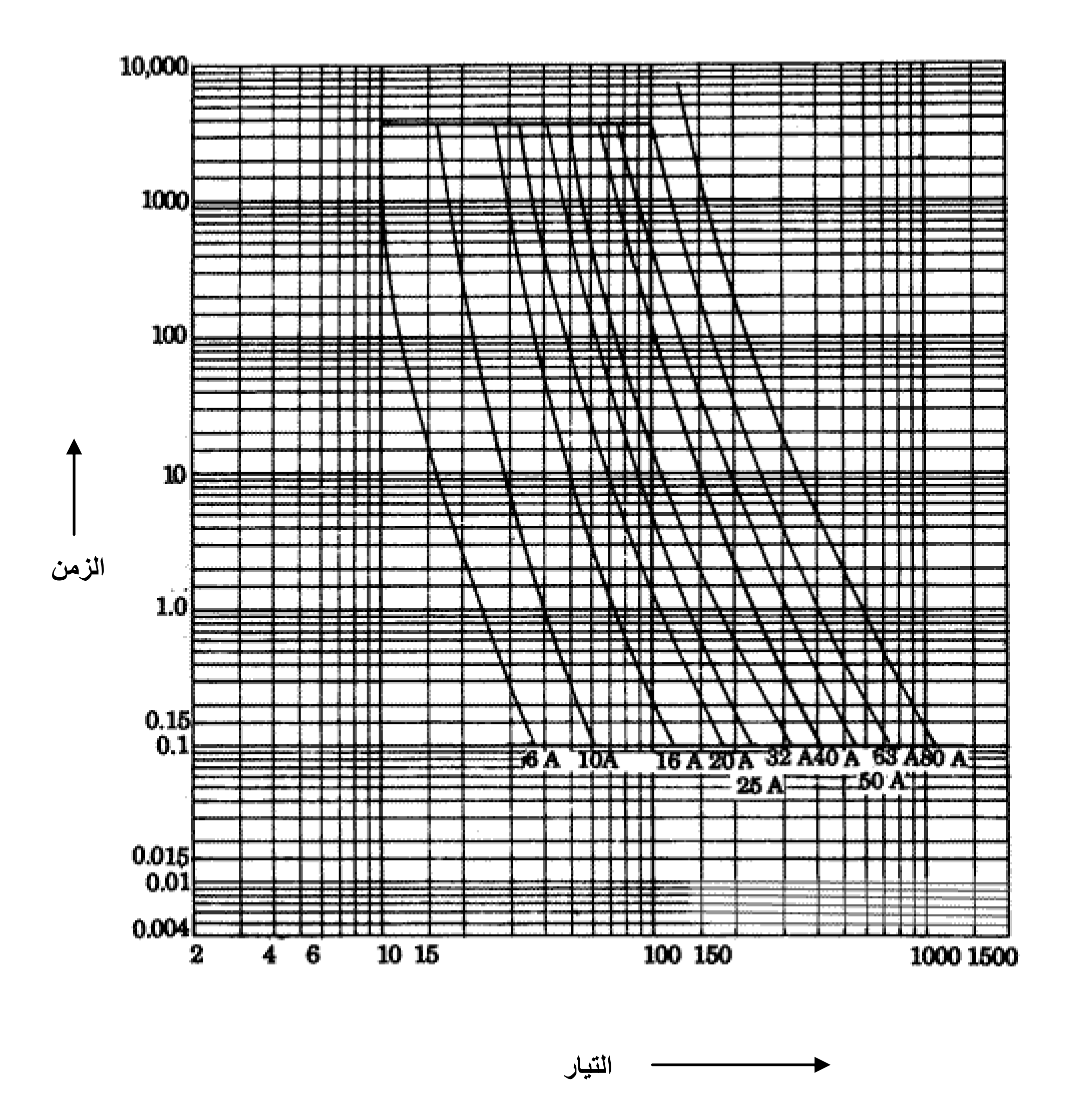
خواص الزمن/التيار لمصاهر مصنعة وفق المواصفات القياسية البريطانية



الشكل (م3-1) خصائص الزمن /التيار لمصهر شبه مغلق BS3036 .



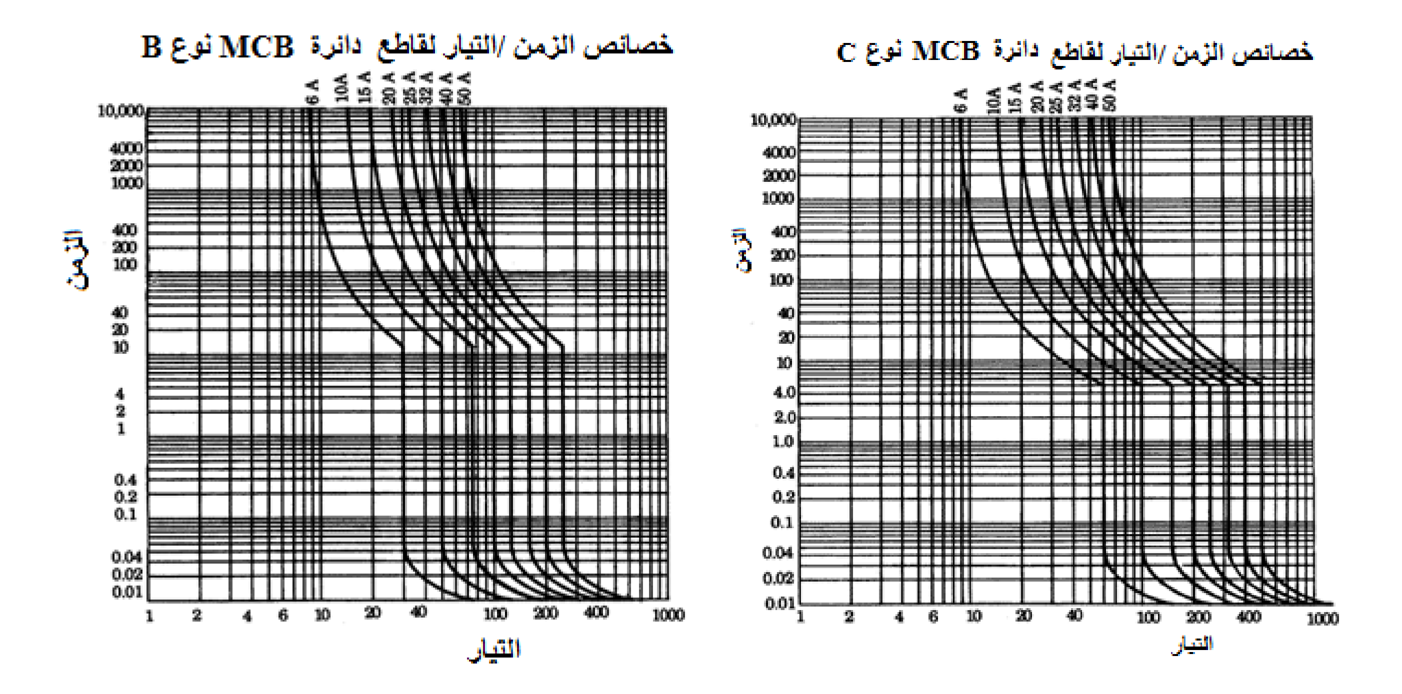
الشكل (م3-2) خصائص الزمن /التيار لمصهر أنبوبي BS1361 .



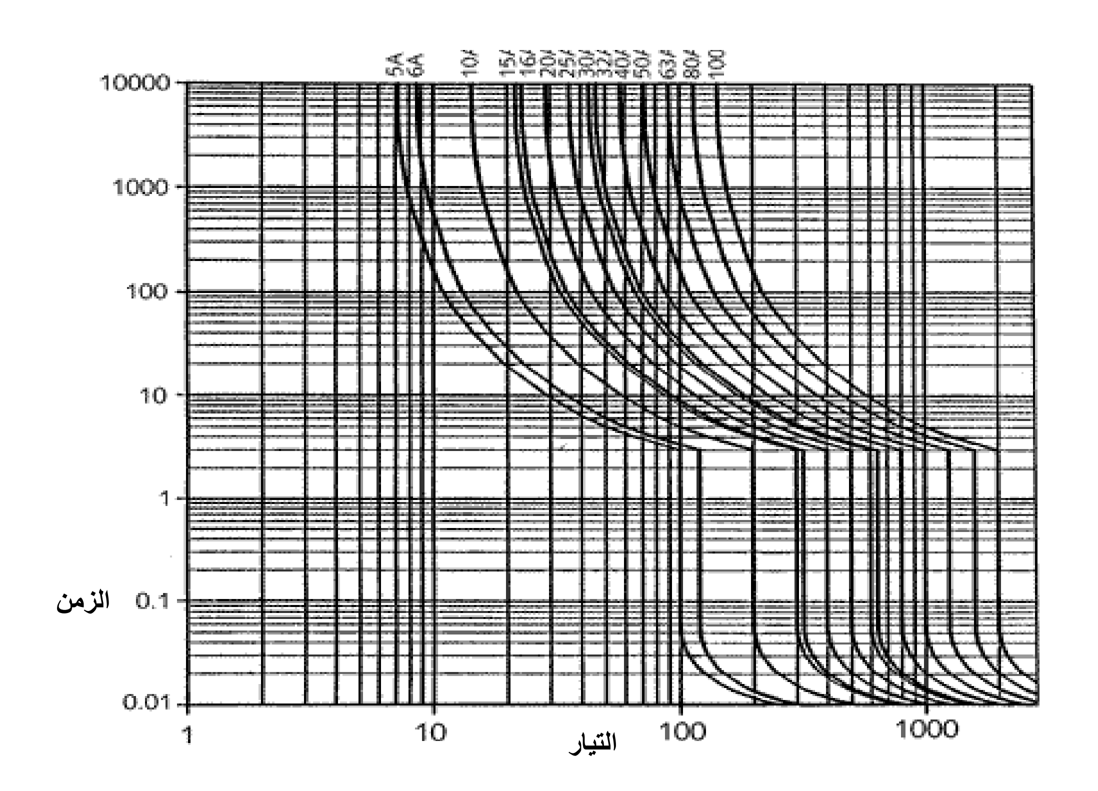
الشكل (م3-3) خصائص الزمن /التيار لمصهر أنبوبي BS88 القسم الثاني .

الجدول – م3-1 احجام اسلاك النحاس المقصدرة المستخدمة كعنصر منصهر للمصاهر البريطانية	
مقرر المصهر (أمبير) Fuse element rating (A)	*قطر السلك (ملم)* Wire diameter (mm)
3	0.15
5	0.20
10	0.35
15	0.50
20	0.60
25	0.75
30	0.85
45	1.25
60	1.53

الملحق – 4
خواص الزمن/التيار لقواطع دائرة MCB مصنعة وفق المواصفات القياسية البريطانية



خصائص الزمن /التيار لقاطع دائرة MCB نوع D .



الملحق – 5

الطرق المرجعية في التمديد والتأسيس بموجب النظام البريطاني - BS

الجدول م – 5 – 1

الطريقة المرجعية المناسبة لتعيين سعة نقل التيار	أمثلة	طريقة التركيب: الوصف	طريقة التركيب: الرقم
4	3	2	1
مفتوح ومثبت مباشرة			Open and Directly Clipped
Method 1 الطريقة 1		كيبلات مثبتة مباشرة على سطح غير معدني أو ملقاة عليه.	1
كيبلات مدفونة مباشرة في مواد بناء			Cables embedded directly in building materials
Method 1 الطريقة 1		كيبلات مدفونة مباشرة في الحجر أو الطوب أو الخرسانة أو مواد اللبخ والبياض (عدا عن المواد العازلة للحرارة).	2
كيبلات داخل أنابيب كانديوت			In conduit
Method 3 الطريقة 3		كيبلات أحادية الناقل (مفردة) داخل أنبوب معدني أو غير معدني مثبت على الجدار أو على السقف.	3
Method 4 الطريقة 4		كيبلات أحادية الناقل داخل أنبوب (ماسورة) معدني أو غير معدني داخل جدار معزول حراريا أو فوق سقف عازل للحرارة، الأنبوب يلامس سطحاً موصلاً حراريا من أحد أوجهه.	4
Method 3 الطريقة 3		كيبلات متعددة النواقل ذات قراب غير معدني داخل أنبوب معدني أو غير معدني على جدار أو على سقف.	5

تابع الجدول م – 5 – 1

الرقم	الوصف	أمثلة	الطريقة المرجعية المناسبة لتعيين سعة نقل التيار
1	2	3	4
Open and directly clipped			مفتوح و مثبت مباشرة
6	كيبلات ذات قراب داخل أنبوب ضمن جدار عازل للحرارة... الخ (والامثل الطريقة المرجعية 4).		Method 4 الطريقة 4 أو الطريقة 6
7	كيبلات داخل أنابيب مدفونة في الحجر، الطوب، الخرسانة، اللبخ وما شابهها (عدا عن المواد العازلة للحرارة).		Method 3 الطريقة 3
In trunking			داخل قنوات صندوقية
8	كيبلات داخل قنوات صندوقية على جدار أو معلقة في الهواء.		Method 3 الطريقة 3
9	كيبلات داخل قنوات صندوقية متساطحة مع الارضية.		Method 3 الطريقة 3
10	كيبلات أحادية الناقل داخل قنوات صندوقية ظاهرة.		Method 3 الطريقة 3
On trays			على صواني أو حوامل كيبلات
11	كيبلات مثبتة على صواني كيبلات مثقبة والكيبلات محزمة وغير مغلفة. صينية الكيبلات المثقبة ذات تهوية، والثقوب فيها تشغل 30 بالمائة أو أكثر من مساحة سطحها .		Method 11 الطريقة 11

تابع الجدول م – 5 – 1

طريقة التمديد		أمثلة	الطريقة المرجعية المناسبة لتعيين سعة نقل التيار
الرقم	الوصف		
1	2	3	4
In free air, on cleats, brackets or a ladder:			في الهواء الطلق، على مرابط أو كتائف أو سلم
12	كيبلات أحادية الناقل في الهواء الطلق (أي أعمال معدنية داعمة تحت الكيبلات تشغل أقل من 10 بالمائة من مساحة السطح): كيبلان أو ثلاثة كيبلات واحد فوق الآخر رأسياً، المسافة الدنيا بين سطح الكيبلات تساوي القطر الكلي للكبل (D_e)، المسافة عن الجدار لا تقل عن $0.5D_e$. كيبلان أو ثلاثة كيبلات ممددة أفقيا والتباعدات بينها كما ورد أعلاه بشكل مثلث، المسافة بين الجدار وسطح أقرب كبل $0.5D_e$ أو أقرب كيبلات $0.75D_e$.		Method 12 الطريقة 12
13	كيبلات متعددة النواقل على سلم أو كتائف مسافة الفصل بينها أكبر من $2D_e$. كيبلات متعددة النواقل في الهواء الطلق، المسافة بين الجدار وسطح الكيبل لا تقل عن $0.3D_e$. أي اعمال معدنية داعمة تحت الكيبلات تشغل أقل من 10 بالمائة من مساحة سطحها.		Method 13 الطريقة 13
14	كيبلات معلقة من سلك تعليق سلسلي أو شاملة سلكاً سلسلياً (Caternary Wire)		Method 12 or 13, as appropriate الطريقتان 12 أو 13 كما هو مناسب.

تابع الجدول م – 5 – 1

طريقة التمديد		أمثلة	الطريقة المرجعية المناسبة لتعيين سعة نقل التيار
الرقم	الوصف		
1	2	3	4
Cables in building voids			كبيلات في تجاويف المبني
15	كبيلات قرابية ممددة مباشـرة في جدار عازل للحرارة أو فـوق سقف عازل للحرارة ، الكيبل يلامس سطحاً موصلاً للحرارة من أحد أوجهـه (وإلا كما في الطريقة المرجعية 4).		الطريقة 4 أو الطريقة 15
16	كبيلات قرابية داخل مجاري كيبلات أو داخل تجاويف مكونة مـن إنشاء المبنى عدا عن المواد العازلة للحرارة.		الطريقة 3 حيث يكون قطر المجرى اكبر من 5De أو محيط المجرى أكبر من 20De
			الطريقة 4 قطر الكيبل (De) وقطر المجرى لا يزيد عن 5De أو محيط لا يزيد عن 20De
		ملاحظة 1 : حيث يكون المحيط أكبر من 60De فإن طريقتي التمديد 18، 20 يجب أن تستعملا كما هو مناسب. ملاحظة 2: De قطر الكيبل الكلي، لمجموعات الكيبلات De تـساوي مجموع أقطار الكيبلات	
Cable Trenches			خنادق كيبلات
17	كبيلات مثبتة على جدار خندق مفتوح ذي تهوية بمسافات بينية كما هو مشار إليه في الطريقتين المرجعيتين (12) ، (13) كما هو مناسب.		الطريقة 12 أو 13 كما هو مناسب.

تابع الجدول م – 5 – 1

الرقم	الوصف	أمثلة		الطريقة المرجعية المناسبة لتعيين سعة نقل التيار
1	2	3		4
18	كيبلات داخل خندق مغلف عرضه (450) مم وعمقه (300) مم (المقاسات الدنيا) شاملة غطاء بسمك (100) مم.	اثنان إلى ستة كيبلات أحادية الناقل سطوحها مفصولة بمسافة دنيا تساوي قطر كيبل واحد.		
		مجموعة أو مجموعتان من ثلاثة كيبلات أحادية الطور بتكوين مثلثي.		
		كيبل إلى 4 كيبلات ذات ناقلين أو واحد إلى ثلاثة نواقل أو ذات اربعة نواقل وجميع الكيبلات مفصولة مسافة (50) مم حداً أدنى.		
19	كيبلات داخل خندق مغلف عرضه (450) مم وعمقه (600) مم (الأبعاد الدنيا) شاملا غطاءً بسمك (100) مم.	ستة إلى اثني عشر كيبلات أحادي الناقل مرتبة بمجموعات منبسطة من اثنين أو ثلاثة على الجدار الرأسي للخندق، الكيبلات مفصولة بعضها عن بعض بمسافات تساوي قطر كيبل واحد ومسافة دنيا بين المجموعات تساوي (50) مم. أو		
		مجموعتان إلى أربع مجموعات كل مجموعة مكونة من ثلاثة كيبلات أحادية الناقل بتشكيل مثلثي والمسافة بين التشكيلات المثلثية تساوي (50) مم حداً أدنى.		
		4 كيبلات إلى ثمانية كيبلات ذات ناقلين أو ثلاثة إلى ستة كيبلات ذات ثلاثة أو أربعة نواقل والكبال مفصولة بعضها عن بعض بمسافة (75) مم حداً أدنى. وجميع الكيبلات تكون على مسافة (25) مم من جدار الخندق على الأقل.		

تابع الجدول م – 5 – 1

طريقة التمديد		أمثلة		الطريقة المرجعية المناسبة لتعيين سعة نقل التيار
الرقم	الوصف			
1	2	3		4
20	كيبلات في خندق مغلف عرضه (600) مم وعمقه (760) مم (الأبعاد الدنيا) شاملا غطاء بسمك (100) مم.	اثنا عشر إلى أربعة وعشرين كيبلا أحادي الناقل مرتبة إما: بتشكيل منبسط من كيبلين إلى ثلاثة كيبلات في مجموعة، الكيبلات مفصولة بعضها عن بعض بمسافة تساوي قطر كيبل وكل مجموعة كيبلات مفصولة مسافة (50) مم عن الأخرى حداً أدنى إما أفقيا أو رأسيا، أو		الطريقة 20
		كيبلات أحادية الناقل بتشكيل مثلثي وكل مجموعة أو تشكيل مثلثي مفصول عن الاخر بمسافة (50) مم حداً أدنى إما أفقيا أو رأسيا، أو		
		ثمانية إلى ستة عشر كيبلا ثنائية الناقل أو ستة إلى اثني عشر كيبلات ثلاثية الناقل أو رباعية الناقل مفصولة بمسافة (75) مم حداً أدنى إما أفقيا أو رأسيا. جميع الكيبلات على مسافة (25) مم من جدار الخندق على الاقل.		

* تستعمل مسافات بينية أكبر حيث يكون ذلك عمليا.

الجدول (م-5-2) سعات نقل التيار بالأمبير حسب طريقة التركيب المحددة في الجدول (م-5-2) لكيبلات أحادية الناقل نحاس أو بعازل PVC ،غير مسلحة أو معزول بمادة مصلدة بالحرارة، درجة حرارة الناقل : 70 مئوية ، درجة الحرارة المحيطية : 30 مئوية في الهواء .

مساحة مقطع الموصل	الطريقة المرجعية 4 (مغلف بأنبوب في جدار من مادة عازلة للحرارة ... الخ).		الطريقة المرجعية 3 (مغلف في انبوب على جدار أو في قناة صندوقية ... الخ)		الطريقة المرجعية 1 (مسنودة مباشرة)		الطريقة المرجعية 11 (على صينية كيبلات مثقبة افقية أو عمودية)		الطريقة المرجعية 12 (هواء طلق)		
	كيبلان أحاديا الطور a.c. أو d.c.	3 أو 4 كيبلات ثلاثية الأطوار a.c.	كيبلان أحاديا الطور a.c. أو d.c.	3 أو 4 كيبلات ثلاثية الأطوار a.c.	كيبلان أحاديا الطور a.c. أو d.c. منبسطة و ملامسة.	3 أو 4 كيبلات ثلاثية الأطوار a.c. منبسطة وملامسة أو مثلثية	كيبلان أحاديا الطور a.c. أو d.c. منبسطة وملامسة	3 أو 4 كيبلات ثلاثية الأطوار a.c. منبسطة وملامسة أو مثلثية	مبعدة أفقية منبسطة: كيبلان أحاديا الطور a.c. أو d.c. أو 3 كيبلات ثلاثية الاطوار	مبعدة رأسية منبسطة: كيبلان أحاديا الطور a.c. أو d.c أو 3كيبلات ثلاثية الاطوار a.c.	مثلثية: 3 كيبلات مثلثية ثلاثية الأطوار a.c
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$(mm)^2$	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
1	11	10.5	13.5	12	15.5	14	-	-	-	-	-
1.5	14.5	13.5	17.5	15.5	20	18	-	-	-	-	-
2.5	20	18	24	21	27	25	-	-	-	-	-
4	26	24	32	28	37	33	-	-	-	-	-
6	34	31	41	36	47	43	-	-	-	-	-
10	46	42	57	50	65	59	-	-	-	-	-
16	61	56	76	68	87	79	-	-	-	-	-
25	80	73	101	89	114	104	126	112	146	130	110
35	99	89	125	110	141	129	156	141	181	162	137
50	119	108	151	134	182	167	191	172	219	197	167
70	151	136	192	171	234	214	246	223	281	254	216
95	182	164	232	207	284	261	300	273	341	311	264
120	210	188	269	239	330	303	349	318	396	362	308
150	240	216	300	262	381	349	404	369	456	419	356
185	273	245	341	296	436	400	463	424	521	480	409
240	320	286	400	346	515	472	549	504	615	569	485
300	367	328	458	394	594	545	635	584	709	659	561
400	-	-	546	467	694	634	732	679	852	795	656
500	-	-	626	533	792	723	835	778	982	920	749
630	-	-	720	611	904	826	953	892	1138	1070	855
800	-	-	-	-	1030	943	1086	1020	1265	1188	971
1000	-	-	-	-	1154	1058	1216	1149	1420	1337	1079

الجدول (م-5- 3) سعات نقل التيار بالأمبير حسب طريقة التركيب المحددة في الجدول (م-5-2) لكيبلات متعددة النواقل نحاس بعازل PVC ،غير مسلحة أو معزول بمادة مصلدة بالحرارة، درجة حرارة الناقل : 70 مئوية ، درجة الحرارة المحيطية : 30 مئوية في الهواء .

مساحة مقطع الموصل	الطريقة المرجعية 4 (داخل انبوب في جدار من مادة عازلة ... الخ).		الطريقة المرجعية 3 (داخل انبوب على الجدار أو السقف أو في قنوات صندوقية)		الطريقة المرجعية 1 (مسنودة مباشرة)		الطريقة المرجعية 11 (على صينية كيبلات مثقبة) أو الطريقة المرجعية 13 (هواء طلق)	
	كيبل ثنائي الناقل أحادي الطور a.c. أو d.c.	كيبل ثلاثي الناقل أو رباعي الناقل ثلاثية الأطوار a.c.	كيبل ثنائي الناقل أحادي الطور a.c. أو d.c.	كيبل ثلاثي الناقل أو رباعي الناقل ثلاثية الأطوار a.c.	كيبل ثنائي الناقل أو رباعي الناقل أحادي الطور a.c. أو d.c.	كيبل ثلاثي الناقل أو رباعي الناقل ثلاثية الأطوار a.c.	كيبل ثنائي الناقل أحادي الطور a.c. أو d.c.	كيبل ثلاثي الناقل أو رباعي الناقل ثلاثي الأطوار a.c.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
(mm^2)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
1	11	10	13	11.5	15	13.5	17	14.5
1.5	14	13	16.5	15	19.5	17.5	22	18.5
2.5	18.5	17.5	23	20	27	24	30	25
4	25	23	30	27	36	32	40	34
6	32	29	38	34	46	41	51	43
10	43	39	52	46	63	57	70	60
16	57	52	69	62	85	76	94	80
25	75	68	90	80	112	96	119	101
35	92	83	111	99	138	119	148	126
50	110	99	133	118	168	144	180	153
70	139	125	168	149	213	184	232	196
95	167	150	201	179	258	223	282	238
120	192	172	232	206	299	259	328	276
150	219	196	258	225	344	299	379	319
185	248	223	294	255	392	341	434	364
240	291	261	344	297	461	403	514	430
300	334	298	394	339	530	464	593	497
400	-	-	470	402	634	557	715	597

الجدول (م-5-4) سعات نقل التيار بالأمبير حسب طريقة التركيب المحددة في الجدول (م-5-1) أحادية الناقل (مفردة) نحاس بعازل PVC ، درجة حرارة الناقل : 70 مئوية ، درجة الحرارة المحيطية : 30 مئوية في الهواء.

مساحة مقطع الموصل	الطريقة المرجعية 1 (مشبوكة مباشرة)		الطريقة المرجعية 11 (على صينية كيبلات مثقبة)		الطريقة المرجعية 12 (هواء طلق)						
	كيبلان ، أحادي الطور a.c. أو d.c. (منبسطة وملامسة)	٣ أو ٤ كيبلات ثلاثية الأطوار a.c. (منبسطة وملامسة)	كيبلان أحادي الطور a.c. أو d.c. (منبسطة وملامسة)	٣ أو ٤ كيبلات ثلاثية الأطوار a.c. (منبسطة وملامسة)	كيبلان ، أحادي الطور a.c.		كيبلان ، d.c.		ثلاثة كيبلات أو أربعة كيبلات ثلاثية الأطوار a.c.		
					أفقية منبسطة مبعدة	رأسية منبسطة مبعدة	أفقية مبعدة	راسية مبعدة	أفقية منبسطة مبعدة	رأسية منبسطة مبعدة	ثلاثة كيبلات مثلثية
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
مم^2	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
50	193	179	205	189	229	217	229	216	230	212	181
70	245	225	259	238	287	272	294	279	286	263	231
95	296	269	313	285	349	332	357	340	338	313	280
120	342	309	360	327	401	383	415	396	385	357	324
185	447	399	469	422	511	489	548	525	490	456	425
240	525	465	550	492	593	568	648	622	566	528	501
300	594	515	624	547	668	640	748	719	616	578	567
400	687	575	723	618	737	707	885	851	674	632	657
500	763	622	805	673	810	777	1035	997	721	676	731
630	843	669	891	728	893	856	1218	1174	771	723	809
800	919	710	976	777	943	905	1441	1390	824	772	886
1000	975	737	1041	808	1008	967	1685	1627	872	816	945

الجدول (م-5- 5) سعات نقل التيار بالأمبير حسب طريقة التركيب المحددة في الجدول (م-5-2) لكيبلات متعددة النواقل نحاس بعازل PVC ،غير مسلحة أو معزول بمادة مصلدة بالحرارة، درجة حرارة الناقل : 70 مئوية ، درجة الحرارة المحيطية : 30 مئوية في الهواء .

مساحة مقطع الموصل	الطريقة المرجعية 1 (مسنودة مباشرة)		الطريقة المرجعية 11 (على صينية كيبلات أفقية أو رأسية مثقبة) أو الطريقة المرجعية 13 (هواء طلق)	
	كيبل واحد ثنائي الناقل ، أحادي الطور .a.c، d.c.	كيبل واحد ثلاثي أو رباعي الناقل ، ثلاثي الأطوار a.c.	كيبل واحد ثنائي الناقل ، أحادي الطور .a.c، d.c.	كيبل واحد ثلاثي أو رباعي الناقل ، ثلاثي الأطوار a.c.
1	2	3	4	5
(mm^2)	(A)	(A)	(A)	(A)
1.5	21	18	22	19
2.5	28	25	31	26
4	38	33	41	35
6	49	42	53	45
10	67	58	72	62
16	89	77	97	83
25	118	102	128	110
35	145	125	157	135
50	175	151	190	163
70	222	192	241	207
95	269	231	291	251
120	310	267	336	290
150	356	306	386	332
185	405	348	439	378
240	476	409	516	445
300	547	469	592	510
400	621	540	683	590

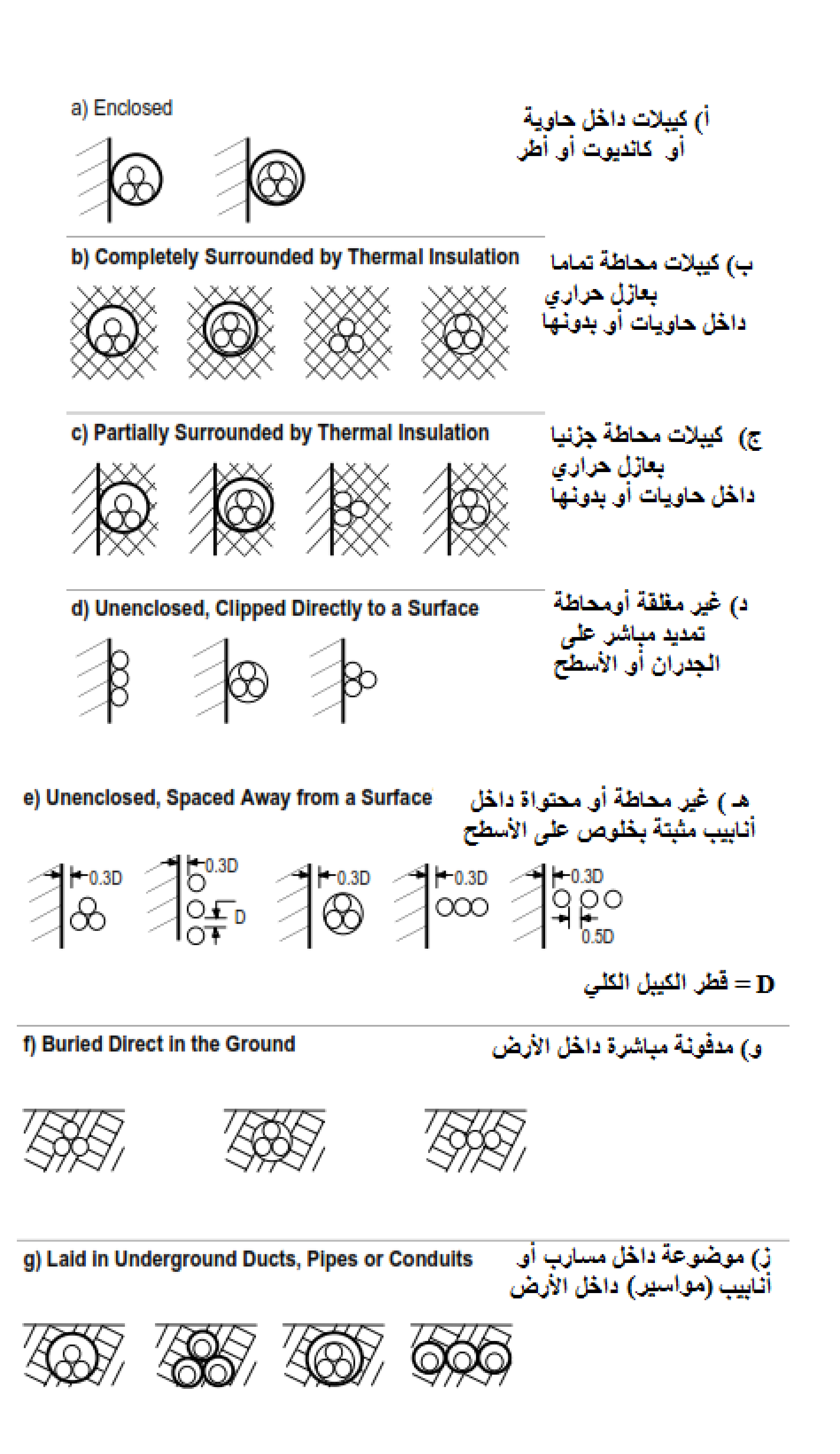
الجدول (م-5- 6) سعات نقل التيار بالأمبير حسب طريقة التركيب المحددة في الجدول (م-5-2) عزل XLPE أو EPR ،أحادية الناقل (مفردة) ، نحاس غير مسلحة بغلاف خارجي (قراب) أو بدونه، درجة حرارة الناقل :90 درجة مئوية ، درجة الحرارة المحيطية : 30درجة مئوية في الهواء.

مساحة مقطع الموصل	الطريقة المرجعية 4 (داخل أنبوب (ماسورة) في جدار معزول حراريا ... الخ)		الطريقة المرجعية 3 داخل أنبوب(ماسورة) على الجدار او في الجدار أو في قنوات صندوقية		الطريقة المرجعية 1 (مسنودة مباشرة)		الطريقة المرجعية 11 (على صينية كبال أفقية أو رأسية مخرمة)		الطريقة المرجعية 12 (هواء طلق) أفقي منبسط مبعد	الطريقة المرجعية 12 (هواء طلق) رأسي منبسط مبعد	الطريقة المرجعية 12 (هواء طلق) مثلثي
	كيبلان ، أحادي الطور a.c. أو d.c.	٣ أو ٤ كيبلات ، ثلاثية الأطوار a.c.	كيبلان ، أحادي الطور a.c. أو d.c.	ثلاثة أو أربعة كيبلات ، ثلاثية الأطوار a.c.	كيبلان ، أحادي الطور a.c. أو d.c. منبسطة وملامسة	٣ أو ٤ كيبلات ، ثلاثية الأطوار a.c. منبسطة وملامسة أو مثلثية	كيبلان ، أحادي الطور a.c. أو d.c. منبسطة وملامسة	ثلاثة أو أربعة كيبلات ، ثلاثية الأطوار a.c. منبسطة وملامسة أو مثلثية	كيبلان أحادي الطور a.c. أو d.c. أو ثلاثة كيبلات ثلاثة أطوار	كيبلان ، أحادي الطور a.c. أو d.c. أو ثلاثة كيبلات ، ثلاثية الأطوار	ثلاث كيبلات مثلثية، ثلاثية الأطوار a.c.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
(mm^2)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
1	14	13	17	15	19	17.5	-	-	-	-	-
1.5	18	17	22	19	25	23	-	-	-	-	-
2.5	24	23	30	26	34	31	-	-	-	-	-
4	33	30	40	35	46	41	-	-	-	-	-
6	43	39	51	45	59	54	-	-	-	-	-
10	58	53	71	63	81	74	-	-	-	-	-
16	76	70	95	85	109	99	-	-	-	-	-
25	100	91	126	111	143	130	158	140	183	163	138
35	124	111	156	138	176	161	195	176	226	203	171
50	149	135	189	168	228	209	239	215	274	246	209
70	189	170	240	214	293	268	308	279	351	318	270
95	228	205	290	259	355	326	375	341	426	389	330
120	263	235	336	299	413	379	436	398	495	453	385
150	300	270	375	328	476	436	505	461	570	524	445
185	341	306	426	370	545	500	579	530	651	600	511
240	400	358	500	433	644	590	686	630	769	711	606
300	459	410	573	493	743	681	794	730	886	824	701
400	-	-	683	584	868	793	915	849	1065	994	820
500	-	-	783	666	990	904	1044	973	1228	1150	936
630	-	-	900	764	1130	1033	1191	1115	1423	1338	1069
800	-	-	-	-	1288	1179	1358	1275	1581	1485	1214
1000	-	-	-	-	1443	1323	1520	1436	1775	1671	1349

الجدول (م-5- 7) سعات نقل التيار بالأمبير حسب طريقة التركيب المحددة في الجدول (م-5-2) عزل XLPE أو EPR ،متعددة النواقل ، نحاس غير مسلحة بغلاف خارجي (قراب) أو بدونه، درجة حرارة الناقل :90 درجة مئوية ، درجة الحرارة المحيطية : 30درجة مئوية في الهواء.

مساحة مقطع	الطريقة المرجعية 1 (مسنودة مباشرة)		الطريقة المرجعية 11 (على صينية افقية أو رأسية مثقبة) أو الطريقة المرجعية 13 (هواء طلق)	
	كيبل واحد ثنائي الناقل ، أحادي الطور a.c. أو d.c.	كيبل واحد ثلاثي أو رباعي الناقل ، ثلاثي الطوار a.c.	كيبل واحد ثنائي الناقل، أحادي الطور a.c. أو d.c.	كيبل واحد ثلاثي أو رباعي الناقل ، ثلاثي الطوار a.c.
1	2	3	4	5
(mm^2)	(A)	(A)	(A)	(A)
1.5	27	23	29	25
2.5	36	31	39	33
4	49	42	52	44
6	62	53	66	56
10	85	73	90	78
16	110	94	115	99
25	146	124	152	131
35	180	154	188	162
50	219	187	228	197
70	279	238	291	251
95	338	289	354	304
120	392	335	410	353
150	451	386	472	406
185	515	441	539	463
240	607	520	636	546
300	698	599	732	628
400	787	673	847	728

الملحق - 6
الطرق المرجعية للتمديد والتأسيس في النظام الأمريكي



المراجع

1- المراجع ألأجنبية

1. Road Lighting; Phillips Technical Library, 1980.

2. Lighting Manual; Third Edition, Phillips publication; 1981.

3. Johnson, R.C. and Cox, R. " Electrical Wiring: Design and Construction". Prentice-Hall,1981.

4. Neidle, M. " Electrical Installation Technology". Butterworth ,1982

5. Steward, W.E. " J. Modern Wiring Practice". Butterworth ,1982.

6. Cayless, M.A., and Marsden, A.M. " Lamps and Lighting". Arnold ,1983

7. Raphael, F. and Neidle, M. "Electric Wiring of Buildings". Pitman ,1983.

8. Steward, W.E. " J. Modern Wiring Practice". Butterworth ,1982.

9. Thompson, F.G." Electrical Installation Technology". Longman , 1983.

10. Electrical Installation Handbook. Part 1- Power Supply and Distribution Systems. Siemens Aktiengesellschaft. John Wiley & sons, 1987.

11. Electrical Installation Handbook, part 2- Power Cables, Protective Devices, Siemens Aktiengesellschaft. John Wiley & sons, 1987.

12. Electrical Installation Handbook. Part - 3 - Large Buildings and Outdoor Areas, Special Installations, Installation Specifications and Safety Measures. Siemens Aktiengesellschft. John Wiley & sons, 1987.

13. H.A.Miller " Electrical Installation Practice" .BSP Professional Books ,Oxford .Fourth Edition 1989. U.K.

14. J.Hyde " Electrical Installation Principles and Practices" .Makmilan Press LTD,London 1994.

15. Roy B. Carpenter, Jr., Mark N. Drabkin " Lightning Strike, Protection". Publication ofLightning Eliminators & Consultants,1990 USA.

16. Trevor Lensley "Advanced Electrical Installation Work" Third Edition, Arnold publisher,U.K. 1998.

17. ABB Switchgear Manual , 10th Edition ,1990

18. IEEE recommended practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems lEHEStd 142-1991. Published by IEEE, 1991.

19. Guide to Selection for Low Voltage Equipment. Publications of ABB., 2000 .

20. A Working Manual on Molded Case Circuit Breakers - Breaker Basics, 4th Edition , Westinghouse Publications,2000.

21.Handbook for the Protection of Structures against Lightning. Furse publication.

22. Electronic System Protection Handbook. A Guide to Protecting Electronic Equipment from Lightning and Transient Overvoltages. Furse publications , 2000.

23 . Grigsby, L. L., The Electric Power Engineering Handbook, CRC Press, Boca Raton, FL, 2001.

24. Rex Cauldwell ,"Wiring: Basic & Advanced Projects" , Creative Homeowner. 2001.

25. Rex Cauldwell ,"Wiring a House (For Pros by Pros)", . Taunton Press. 2002.

26.Bill Atkinson and Roger Lovegrove," Electrical installation designs ", Blackwell publishing Third edition 2002, USA.

27. Charles M. Trout," Electrical Installation and Inspection" , Thomson Learning Inc. 2002 ,USA

28. Brian David Jenkins, Mark Coates, "Electrical installation calculations: for compliance with BS 7671: 2001 ", Blackwell publishing Third edition 2003, USA.

29.Trevor Linsley "Advanced Electrical Installation Work" Butterworth – Heinemann publisher . Fourth edition, 2004, UK.

30. Richter H.P," Wiring Simplified: Based on the 2005 National Electrical Code" ,14th Edition,. Park Publishing. 2005.

31. "The Complete Guide to Home Wiring: A Comprehensive Manual, from Basic Repairs to Advanced Projects ", Black & Decker Home Improvement Library. Creative Publishing International, 2005.UK.

32. "Electrician's Guide to the Building Regulations (Approved Document P, Electrical Safety in Dwellings)" ,Publisher: Institution of Engineering and Technology; 2005,UK.

33. "Design and Installation of Electrical Installation" ,Publisher: Institution of Electrical Engineers (IEE); First edition 2006,UK.

34. A. J. Watkins, Chris Kitcher, Christopher James Kitcher , " Electrical Installation Calculation" , , Volume 2, Sixth edition, Elsevier publisher 2006 ,UK.

35. M J Billington, Keith Bright & J R Waters ,"The Building Regulations - Explained and Illustrated ", Blackwell Publishing ,13th Edition ,2007.

36. Ray Tricker and Roz Algar ," Building Regulations in Brief ", Butterworth Heinemann 5th Edition ,2007.

37. Trevor Linsley , "Introduction to Electrical Installation Work_", Elsevier publisher , First edition. 2007, UK.

38. Requirements for Electrical Installations/ IET Wiring regulations BS7671:2008 - 17th Edition , IET publications ,2008.

39. "IEE On-site Guide; BS 7671 : 2008 IEE Wiring Regulations "17th Edition The Institution of Engineering and Technology, 2008,UK.

40. Trevor Linsley , "Basic Electrical Installation Work ", Elsevier publisher , First edition 2008 ,UK.

41. Brian Scaddan," Electric Wiring: Domestic", Thirteenth edition, Butterworth-Heinemann, 2008.UK.

42. Brian Scaddan," Inspection ,Testing and Certificate", Six edition, Butterworth-Heinemann, 2008.UK.

43. "Electrician Guide to the Building Regulation", The Institution of Engineering and Technology Publications, 2008, UK.

44. Brian Scaddan," Electrical Installation Work", Sixth edition, Butterworth-Heinemann, 2008.UK.

45. Schneider Electric, "Electrical installation guide: according to IEC international standard ", Schneider Electric, S,A, 2015.

46. Hall F and Greeno R ,"Building Services Handbook ", Butterworth-Heinemann ,2009.

47. Brian Scaddan," Design and Verification of Electrical Installations", Sixth edition, Butterworth- Heinemann, 2009.UK.

49. The international electric code: IEC 60364, Part 1 , Part 4 , Part 5 , Part 6 and Part 7.

2- المراجع العربية

1- د. هاني عبيد " تخطيط وتصميم التمديدات الكهربائية في المشاريع الكبرى" دار الشروق للتوزيع والنشر –عمان – الأردن 2001.

2- د. هاني عبيد و د.محمد عالية " التمديدات الكهربائية وحمايتها" دار التنوير العلمي للنشر والتوزيع – عمان-الأردن 1992 .

3- د.هاني عبيد " الإنارة الإصطناعية ، تخطيط وتصميم " نقابة المهندسين الأردنيين – عمان - الأردن 1987.

4- د. مقداد مهنا " حماية نظم القدرة الكهربائية " مطبعة دار الكتاب – دمشق – سوريا 1991.

5- د.محمد توفيق لازم الزهيري و د . فائق جواد العزاوي " منظومات القدرة الكهربائية " الجزء الأول ، مطبعة جامعة الموصل – بغداد- العراق 1987.

6- د.محمد توفيق لازم الزهيري و د . فائق جواد العزاوي " منظومات القدرة الكهربائية " الجزء الثاني ، مطبعة جامعة الموصل – بغداد- العراق 1987.

7. د.محمد توفيق لازم الزهيري و د .عصام محمود الأنصاري و د. عبد الكريم زوبع منصور" التحليلات المصفوفية للمكائن الكهربائية " دارالحرية للطباعة والنشربغداد – العراق 1989.

8- ر.م . باسمة فاضل عباس " كراس مانعات الصواعق" وزارة الكهرباء – بغداد / العراق ،2004 .

9- وسام احمد عبد العزيز" تمديدات الفولتية المرتفعة" مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع/2005

10- محمد نذير المتني "موسوعة التمديدات الكهربائية " مركز الموسوعة الالكترونية / سوريا - دمشق 1984.

11- د.فيصل سليمان شعبان و د.جورج عزيز اشقر" تصميم وتخطيط الشبكات الكهربائية " جامعة تشرين- سوريا 2003 .

12- د.عبد المنعم موسى " التاريض الوقائي والحماية من الصواعق " دار الراتب الجامعية 1993.

13- د.مظفر أنور النعمة, نوري بادي داوود, جبار عبيد كاظم "التاسيسات والمكائن الكهربائية " دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع 2006.

14- آرثر سيل "تمديد الاسلاك الكهربائية " الدار العربية للعلوم -1990 .

15- زكوان تنبكجي " التمديدات الكهربائية المنزلية واصلاحها " دار دمشق 1991 .

16- المجلس الاعلى للعلوم والتكنلوجيا " الاعتبارات التصميمية والتنفيذية لاعمال التركيبات الكهربائية" ،عمان- الأردن 1996.

17-عمار العريان " توصيل واستثمار كيبلات البيانات والصوت والفديو" شعاع للنشر والعلوم/2001.

18- أ.د. محمود جيلاني " المرجع في التركيبات والتصميمات الكهربية – الخبرة العملية والأسس النظرية " جامعة القاهرة – 2010 ، متوفر على الموقع الألكتروني www.sayedsaad.com.

19- كودة التركيبات الكهربائية – كودات البناء الوطني الآردني 2008 .

20 – الكود العربي الموحد للتمديدات الكهربائية – دمشق 2006 .

21 – الكود المصري : أسس تصميم وشروط تنفيذ التوصيلات والتركيبات الكهربائية في المباني – المجلد الثاني / القاهرة -1994.